1933 № 8

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК
СОЮЗА СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК

VII СЕРИЯ

ОТДЕЛЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ И ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

BULLETIN DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES
DE L'UNION DES RÉPUBLIQUES SOVIÉTIQUES SOCIALISTES

VII SÉRIE

CLASSE DES SCIENCES MATHÉMATIQUES ET NATURELLES

ЛЕНИНГРАД — LENINGRAD
ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

ПРИМЕР СТАНДАРТНОЙ ЦИТАТЫ • EXEMPLE DE CITATION
Г. В. Пфейффер. Об интегральных инвариантах (n—1)-го порядка. ИМЕН, 1933, № 8, стр. 1103.
G. Pfeiffer. Sur les invariants intégraux d'ordre (n—1). BAS-MN, 1933, № 8, p. 1103 (en russe).

Напечатано по распоряжению Академии Наук СССР

Декабрь 1933 г.

Непременный секретарь академик *В. Волгин*

Редактор издания академик-секретарь ОМЕН А. А. Борисяк

Технический редактор Л. А. Федоров

Ученый корректор С. С. Чернявский

Начато набором в августе 1933 г. — Подписано к печати 4 декабря 1933 г.

182 (1077—1258) стр. (35 фиг.)

Формат бум. 72 × 110 см. — $10^5/_8$ печ. л. — 42 000 тип. зн. в печ. л. — Тираж 2700

Ленгорлит № 17068. — АНИ № 326. — Заказ № 2043

Типография Академии Наук СССР. В. О., 9 линия, 12

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК СССР. 1933
BULLETIN DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'URSS
Classe des sciences mathématiques et naturelles
Отделение математических и естественных наук

К ТЕОРИИ ОБЩЕГО СЛУЧАЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ВЕКОВОГО УРАВНЕНИЯ МЕТОДОЙ АКАДЕМИКА А. Н. КРЫЛОВА

И. Н. ХЛОДОВСКОГО

(Представлено академиком **А. Н. Крыловым***)*

§ 1. В своих работах «О методе акад. А. Н. Крылова составления векового уравнения,* и «О некоторых свойствах перемещающего множителя в методе акад. А. Н. Крылова»** акад. Н. Н. Лузин поставил целью изучение свойств перемещающего множителя векового уравнения. В третьей части второй из указанных работ автор, доказывая теорему:

«Теорема IV^{III}. Если перемещающий множитель

$$M(a, b, c, \ldots, f)$$

тождественно равен нулю, алгебраическое уравнение $D(\lambda) = 0$, составленное по методе акад. А. Н. Крылова, при надлежаще подобранных численных величинах параметров $a, b, c, \ldots, f$, имеет своими корнями $\lambda', \lambda'', \lambda''', \ldots$ любую совокупность численно-различных между собой корней векового уравнения в любых кратностях $\varkappa_1, \varkappa_2, \varkappa_3, \ldots$, не превосходящих максимальных показателей степеней $e', e'', e''' \ldots$, элементарных делителей Вейерштрасса $(\lambda - \lambda')^{e'}, (\lambda - \lambda'')^{e''}, (\lambda - \lambda''')^{e'''}, \ldots$, соответствующих этим корням: $1 \leqslant \varkappa_1 \leqslant e'$, $1 \leqslant \varkappa_2 e''$, $1 \leqslant \varkappa_3 \leqslant e'''$, ...» ставит следующую проблему: «*не может ли рассматриваемая кратность $\varkappa_i$ на деле превосходить указанный предел $e^{(i)}$?*»***

В предлагаемой статье имеется в виду дать отрицательный ответ на поставленный акад. Н. Н. Лузиным вопрос.

* ИМЕН, 1931, № 7, стр. 903.
** ИМЕН, 1932, №№ 5, 6, 8.
*** ИМЕН, 1932, № 8, стр. 1081.

§ 2. Рассмотрим линейную подстановку

$$
(1)\qquad
\begin{aligned}
y_1 &= a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1k}x_k\\
y_2 &= a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2k}x_k\\
&\dots\dots\dots\dots\dots\dots\\
&\dots\dots\dots\dots\dots\dots\\
y_k &= a_{k1}x_1 + a_{k2}x_2 + \dots + a_{kk}x_k
\end{aligned}
$$

Эта подстановка определяется матрицей A.

$$
A = \begin{Vmatrix}
a_{11}\, a_{12} \dots a_{1k}\\
a_{21}\, a_{22} \dots a_{2k}\\
\dots\dots\\
\dots\dots\\
a_{k1}\, a_{k2} \dots a_{kk}
\end{Vmatrix}
$$

которой отвечает следующее вековое уравнение

$$
\Delta(\lambda) = \begin{Vmatrix}
a_{11}-\lambda,\ a_{12},\ \dots,\ a_{1k}\\
a_{21},\ a_{22}-\lambda,\ a_{23},\ \dots,\ a_{2k}\\
\dots\dots\dots\dots\\
\dots\dots\dots\dots\\
a_{k1},\ a_{k2},\ \dots,\ a_{kk}-\lambda
\end{Vmatrix}
$$

Условимся рассматривать совокупность переменных $x_1, x_2, \dots, x_k$ и $y_1, y_2, \dots, y_k$ как координаты точек евклидова пространства E числа измерений k. Линейная подстановка (1) преобразует точку $P(x_1, x_2, \dots x_k)$ евклидова пространства E в точку $Q(y_1, y_2, \dots, y_k)$ того же пространства, иными словами линейная подстановка (1) преобразует пространство E само в себя. В упомянутой выше работе акад. Н. Н. Лузин вводит определение характеристического многообразия:

«Евклидово многообразие E' какого-нибудь числа k' измерений $1 \leqslant k' < k$, проходящее через начало координат O и содержащееся в целом пространстве E, мы называем характеристическим, если оно преобразуется само в себя подстановкою (1)».*

* См. ИМЕН, 1932, № 5, стр. 627.

Характеристическое многообразие одного измерения называется *характеристической прямой*.

Далее автор показывает, что задача отыскания характеристических прямых, в случае, если вековое уравнение не имеет кратных корней, полностью эквивалентна отысканию корней векового уравнения.

Для изучения случая кратных корней векового уравнения акад. Н. Н. Лузиным вводится понятие *осевого характеристического многообразия*: *

Характеристическое многообразие называется осевым, если оно содержит только одну характеристическую прямую.

В цитированной работе доказывается, что кратность корней алгебраического уравнения, составленного по второй общей методе акад. А. Н. Крылова, равна числу измерений соответствующих осевых многообразий. Тем самым вопрос о кратности корней приводится к вопросу о числе измерений характеристического *осевого* многообразия. Иными словами, нам *предстоит найти максимальные осевые многообразия, определяемые матрицей* A.

3. Прежде всего изучим в пространстве E, числа измерений k, расположение характеристических многообразий, возникающих при преобразовании пространства E самого в себя помощью линейной подстановки,

Заметим, что матрицу A, определяющую линейную подстановку, преобразующую пространство E само в себя можно предположить заданной *в канонической форме*. В самом деле, это следует из того, что характеристические многообразия сохраняют прежним их взаимное расположение, когда мы преобразуем пространство E с нанесенными в нем характеристическими многообразиями само в себя.

Таким образом, мы можем ограничиться рассмотрением канонической матрицы A.

$$A = \begin{Vmatrix} A_1 & & & \\ & A_2 & & \\ & & \ddots & \\ & & & A_m \end{Vmatrix} \qquad \text{где} \qquad A_i = \begin{Vmatrix} \lambda_i & 1 & 0 & \ldots & 0 \\ 0 & \lambda_i & 1 & \ldots & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & \ldots & \lambda_i & 1 \\ 0 & 0 & \ldots & 0 & \lambda_i \end{Vmatrix}$$

* См. ИМЕН, 1932, № 6, стр. 749.

Буквами $e_1, e_2, \ldots, e_m$ обозначим порядки элементарных матриц

$$A_1, \ A_2, \ \ldots, \ A_m.$$

Заметим, что среди чисел $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_m$ могут оказаться равные друг другу числа, т. е. в разных элементарных матрицах A_i на главных их диагоналях могут оказаться одинаковые элементы. Напомним, что в теории линейных преобразований доказывается, что приведение произвольной матрицы A^*

$$A^* = \begin{Vmatrix} a_{11}\, a_{12} \ldots a_{1k} \\ a_{21}\, a_{22} \ldots a_{2k} \\ \ldots\ldots\ldots \\ \ldots\ldots\ldots \\ \ldots\ldots\ldots \\ a_{k1}\, a_{k2} \ldots a_{kk} \end{Vmatrix}$$

к каноническому виду A приводится к отысканию элементарных делителей Вейерштрасса следующей λ — матрицы

$$A^*(\lambda) = \begin{Vmatrix} a_{11} - \lambda, & a_{12}, & \ldots, & a_{1k} \\ a_{21}, & a_{22} - \lambda, & \ldots, & a_{2k} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ a_{k1}, & a_{k1}, & \ldots, & a_{kk} - \lambda \end{Vmatrix}$$

Так, если λ-матрица $A^*(\lambda)$ имеет следующие элементарные делители Вейерштрасса

$$(\lambda - \lambda_1)^{e_1}, \ (\lambda - \lambda_2)^{e_2}, \ \ldots, \ (\lambda - \lambda_m)^{e_m},$$

то матрица A^* приводится соответствующими преобразованиями к каноническому виду A, при этом порядок элементарных матриц A_i равен показателю степени соответствующего элементарного делителя $(\lambda - \lambda_i)^{e_i}$.

Линейная подстановка, определяемая канонической матрицей A, имеет следующий вид;

$$
(1')\qquad
\begin{array}{ll}
y_1 = \lambda_1 x_1 + x_2; & y_{e_1+1} = \lambda_2 x_{e_1+1} + x_{e_1+2}; \\
y_2 = \lambda_1 x_2 + x_3; & y_{e_1+2} = \lambda_2 x_{e_1+2} + x_{e_1+3}; \\
\ldots\ldots\ldots & \ldots\ldots\ldots\ldots \\
\ldots\ldots\ldots & \ldots\ldots\ldots\ldots \\
y_{e_1-1} = \lambda_1 x_{e_1-1} + x_{e_1}; & y_{e_1+e_2-1} = \lambda_2 x_{e_1+e_2-1} + x_{e_1+e_2}; \\
y_{e_1} = \lambda_1 x_{e_1}; & y_{e_1+e_2} = \lambda_2 x_{e_1+e_2}; \\
\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots & \\
\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots & \\
y_{e_1-e_2+\ldots+e_{m-1}+1} = \lambda_m x_{e_1+e_2+\ldots+e_{m-1}+1} + x_{e_1+\ldots+e_m+2} & \\
y_{e_1+\ldots+e_{m-1}+2} = \lambda_m x_{e_1+\ldots+e_{m-1}+2} + x_{e_1+\ldots+e_m+3} & \\
\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots & \\
\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots & \\
y_{k-1} = \lambda_m x_{k-1} + x_k & \\
y_k = \lambda_m x_k &
\end{array}
$$

Линейная подстановка (1′) делится на m групп по числу элементарных делителей Вейерштрасса λ- матрицы $A^*(\lambda)$.

Рассмотрим, при каких условиях многообразие E', определяемое следующими линейными однородными уравнениями

$$
(2)\qquad
\begin{array}{l}
L_1(x) = \alpha_{11} x_1 + \alpha_{12} x_2 + \ldots + \alpha_{1k} x_k = 0 \\
L_2(x) = \alpha_{21} x_1 + \alpha_{22} x_2 + \ldots + \alpha_{2k} x_k = 0 \\
\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\
\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\
L_p(x) = \alpha_{p1} x_1 + \alpha_{p2} x_2 + \ldots + \alpha_{pk} x_k = 0
\end{array}
$$

будет характеристическим многообразием. Предположим, что линейные формы $L_1(x), L_2(x), \ldots, L_k(x)$ линейно независимы, тогда число измерений k' рассматриваемого евклидова многообразия E' равно $k-p$.

Если рассматриваемое многообразие E' есть характеристическое, то непременно должны быть выполнены следующие тождества:

$$
(3)\qquad
\begin{array}{l}
L_1(y) = \beta_{11} L_1(x) + \beta_{12} L_2(x) + \ldots + \beta_{1p} L_p(x) \\
L_2(y) = \beta_{21} L_1(x) + \beta_{22} L_2(x) + \ldots + \beta_{2p} L_p(x) \\
\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\
\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\
L_p(y) = \beta_{p1} L_1(x) + \beta_{p2} L_2(x) + \ldots + \beta_{pp} L_p(x)
\end{array}
$$

ибо только в том случае, когда имеют место тождества (3), точка с координатами $(y_1, y_2, \ldots, y_k)$ принадлежит многообразию E', определяемому уравнениями (2), и обратно.

Матрицу B.

$$B = \left\| \begin{matrix} \beta_{11}\,\beta_{12} \ldots \beta_{1p} \\ \beta_{21}\,\beta_{22} \ldots \beta_{2p} \\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot \\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot \\ \beta_{p1}\,\beta_{p2} \ldots \beta_{pp} \end{matrix} \right\|$$

можно рассматривать как каноническую матрицу. Действительно, линейные формы $L_1\,(x)$, $L_2\,(x), \ldots, L_p(x)$ можно заменить их линейными комбинациями, лишь бы эти комбинации в свою очередь были линейно независимы между собой. Таким образом, заменяя линейные формы $L_1(x), L_2(x), \ldots, L_p(x)$ соответственно подобранными их линейными комбинациями, мы приведем матрицу B к следующему виду:

$$\left\| \begin{matrix} B_1 & & & \\ & B_2 & & \\ & & \ddots & \\ & & & B_\omega \end{matrix} \right\| \qquad \text{где} \qquad B_j = \left\| \begin{matrix} \mu_j & 1 & 0 \ldots 0 \\ 0 & \mu_j & 1 \ldots 0 \\ \cdot\ \cdot\ \cdot & \cdot\ \cdot & \cdot\ \cdot\ \cdot \\ \cdot\ \cdot\ \cdot & \cdot\ \cdot & \cdot\ \cdot\ \cdot \\ 0 & 0 \ldots \mu_j & 1 \\ 0 & 0 \ldots 0 & \mu_j \end{matrix} \right\|$$

Буквами $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots, \varepsilon_\omega$ обозначим порядки элементарных матриц

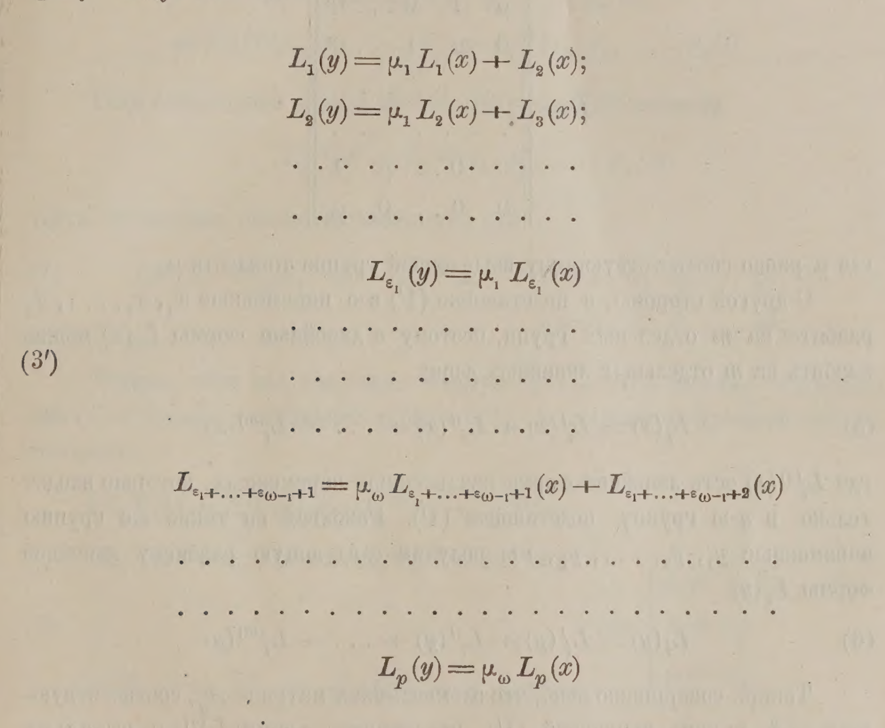
$$B_1,\ B_2,\ \ldots.\ B_\omega.$$

Очевидно, что порядок большой матрицы B равен p числу уравнений

$$L_i(x) = 0,$$

которые определяют многообразие E'.

§ **4.** В случае, если матрица B имеет каноническую форму, тождества (3) примут следующий вид:



$$L_1(y) = \mu_1 L_1(x) + L_2(x);$$
$$L_2(y) = \mu_1 L_2(x) + L_3(x);$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots$$
$$L_{\varepsilon_1}(y) = \mu_1 L_{\varepsilon_1}(x)$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots$$
$$(3') \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots$$
$$L_{\varepsilon_1+\ldots+\varepsilon_{\omega-1}+1} = \mu_\omega L_{\varepsilon_1+\ldots+\varepsilon_{\omega-1}+1}(x) + L_{\varepsilon_1+\ldots+\varepsilon_{\omega-1}+2}(x)$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$$
$$L_p(y) = \mu_\omega L_p(x)$$

Рассматриваемые тождества разбиваются на ω отдельных групп; каждой группе соответствует определенная элементарная матрица B_i. При этом очевидно, что подстановка, определяемая матрицей B, преобразовывает каждую из групп уравнений (3′) самих в себя.

Займемся рассмотрением одной из указанных групп тождеств (3′). Эту группу мы запишем следующим образом:

$$L_1(y) = \mu L_1(x) + L_2(x)$$
$$L_2(y) = \mu L_2(x) + L_3(x)$$
$$(4) \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$$
$$L_{\tau-1}(y) = \mu L_{\tau-1}(x) + L_\tau(x)$$
$$L_\tau(y) = \mu L_\tau(x)$$

Матрица выделенной группы тождеств имеет вид:

$$\overline{B} = \left\| \begin{matrix} \mu & 1 & 0 \ldots 0 \\ 0 & \mu & 1 \ldots 0 \\ \cdot & \cdot \cdot \cdot & \cdot \cdot \cdot \\ \cdot & \cdot \cdot \cdot & \cdot \cdot \cdot \\ 0 & 0 \ldots \mu & 1 \\ 0 & 0 \ldots 0 & \mu \end{matrix} \right\|$$

где μ равно соответствующему выделенной группе тождеств μ_i.

С другой стороны, в подстановке $(1')$ все переменные $x_1, x_2, \ldots, x_k$ разбиты на m отдельных групп, поэтому и линейные формы $L_i(x)$ можно разбить на m отдельных линейных форм

(5) $$L_i(x) = L_i'(x) + L_i''(x) + \ldots + L_i^{(m)}(x)$$

где $L_i^{(q)}(x)$ есть линейная форма независимых переменных, которые входят только в q-ю группу подстановки $(1')$. Разбивая на такие же группы переменные $y_1, y_2, \ldots, y_k$, мы получим следующую разбивку линейной формы $L_i(y)$

(6) $$L_i(y) = L_i'(y) + L_i''(y) + \ldots + L_i^{(m)}(y)$$

Теперь совершенно ясно, что элементарная матрица A_q, соответствующая q-й группе уравнений $(1')$, преобразует форму $L_i^{(q)}(y)$ отдельно от других слагаемых формы $L_i(y)$. Ради простоты записи независимые переменные x_i, входящие в q-ю группу преобразований $(1')$, обозначим буквами

$$x_1,\ x_2,\ \ldots,\ x_\sigma.$$

Тогда соответствующая группа преобразований из преобразования $(1')$ запишется следующим образом:

$$\begin{aligned} y_1 &= \lambda x_1 + x_2 \\ y_2 &= \lambda x_2 + x_3 \\ &\ldots\ldots\ldots \\ &\ldots\ldots\ldots \\ y_{\sigma-1} &= \lambda x_{\sigma=1} + x_\sigma \\ y_\sigma &= \lambda x_\sigma \end{aligned} \qquad \text{где} \quad \lambda = \lambda_q$$

Очевидно имеет место следующее тождество

$$L_i^{(q)}(y) = L_i^{(q)}(y_1, y_2, \ldots, y_\sigma) =$$
$$= \lambda L_i^{(q)}(x_1, x_2, \ldots, x_\sigma) + L_i^{(q)}(x_2, x_3, \ldots, x_\sigma 0)$$

Ради сокращения записи вводим следующее обозначение

$$\widetilde{L}_i^{(q)}(x) = L_i^{(q)}(x_2, x_3, \ldots. x_\sigma, 0)$$

тогда выведенное тождество запишется так:

$$L_i^{(q)}(y) = \lambda_q L_i^{(q)}(x) + \widetilde{L}_i^{(q)}(x) \qquad i = 1,\ 2,\ 3, \ldots p; \quad q = 1,\ 2,\ 3, \ldots m; \tag{7}$$

Теперь, если мы подставим формулы (5) и (6) в систему соотношений (4) и примем во внимание формулы (7), то придем к следующей системе тождеств:

$$\begin{array}{l} \lambda L_1^{(q)}(x) + \widetilde{L}_1^{(q)}(x) = \mu L_1^{(q)}(x) + L_2^{(q)}(x) \\ \lambda L_2^{(q)}(x) + \widetilde{L}_2^{(q)}(x) = \mu L_2^{(q)}(x) + L_3^{(q)}(x) \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ \lambda L_{\tau-1}^{(q)}(x) + \widetilde{L}_{\tau-1}^{(q)}(x) = \mu L_{\tau-1}^{(q)}(x) + L_\tau^{(q)}(x) \\ \lambda L_\tau^{(q)}(x) + \widetilde{L}_\tau^{(q)}(x) = \mu L_\tau^{(q)}(x) \end{array} \quad \text{где} \left\{ \begin{array}{l} q = 1,\ 2, \ldots m; \\ \lambda = \lambda_q; \\ \mu = \mu_i; \end{array} \right. \tag{8}$$

В целях упрощения записи опустим значок q, тогда систему соотношений (8) можно написать в следующей, более простой форме:

$$\begin{array}{l} (\lambda - \mu) L_1(x) + \widetilde{L}_1(x) = L_2(x) \\ (\lambda - \mu) L_2(x) + \widetilde{L}_2(x) = L_3(x) \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ (\lambda - \mu) L_{\tau-1}(x) + \widetilde{L}_{\tau-1}(x) = L_\tau(x) \\ (\lambda - \mu) L_\tau(x) + \widetilde{L}_\tau(x) = 0 \end{array} \tag{8'}$$

§ **5.** Прежде всего докажем следующую теорему:

Теорема I. — Если λ не равно μ, то линейные формы, удовлетворяющие тождествам (8′) обращаются тождественно в нуль.

В самом деле, каждая форма $L_i(x)$ имеет следующий вид

$$L_i(x) = b_{i1} x_1 + b_{i2} x_2 + \ldots + b_{i\sigma} x_\sigma$$

где коэффициенты b_{ij} равны соответствующим коэффициентам α_{mn} из формул (2). Система уравнений (8') эквивалентна следующей системе уравнений:

$$(9) \quad \begin{aligned} &(\lambda - \mu) \sum_{j=1}^{\sigma} b_{ij} x_j + \sum_{j=1}^{\sigma-1} b_{ij} x_{j+1} - \sum_{j=1}^{\sigma} b_{i+1,j} x_j = 0 \qquad 1 \leqslant i \leqslant \tau - 1 \\ &(\lambda - \mu) \sum_{j=1}^{\sigma} b_{\sigma j} x_j + \sum_{j=1}^{\sigma-1} b_{\tau j} x_{j+1} = 0 \end{aligned}$$

В силу того, что уравнения (9) должны удовлетворяться тождественно, коэффициенты при равных номерах x_j должны обратиться в нули. Приравнивая их нулю, имеем:

$$(10) \quad \begin{aligned} &(\lambda - \mu) b_{ij} + b_{i,j-1} = b_{i+1,j} \qquad \text{если} \quad \begin{cases} 1 \leqslant i \leqslant \tau - 1 \\ 2 \leqslant j \leqslant \sigma \end{cases} \\ &(\lambda - \mu) b_{i1} = b_{i+1,1} \qquad \text{если} \quad 1 \leqslant i \leqslant \tau - 1 \\ &(\lambda - \mu) b_{\tau j} + b_{\tau,j-1} = 0 \qquad \text{если} \quad 2 \leqslant j \leqslant \sigma \\ &(\lambda - \mu) b_{\tau 1} = 0 \end{aligned}$$

Из последних двух уравнений (10) непосредственно находим:

$$b_{\tau 1} = b_{\tau 2} = b_{\tau 3} = \ldots = b_{\tau \sigma} = 0$$

откуда заключаем, что

$$L_\tau(x) \equiv 0.$$

Но если $L_\tau(x)$ тождественно равно нулю, то система уравнений (8') обращается в аналогичную систему уравнений с числом уравнений на единицу меньшим. Именно эта система имеет вид:

$$(8'') \quad \begin{aligned} &(\lambda - \mu) L_1(x) + \widetilde{L}_1(x) = L_2(x) \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ &(\lambda - \mu) L_{\tau-2}(x) + \widetilde{L}_{\tau-2}(x) = L_{\tau-1}(x) \\ &(\lambda - \mu) L_{\tau-1}(x) + \widetilde{L}_{\tau-1}(x) = 0 \end{aligned}$$

С помощью аналогичных рассуждений мы очевидно, получим, что

$$L_{\tau-1}(x) \equiv 0.$$

Повторив достаточное число раз наше рассуждение, приходим к следующим тождествам:

$$L_1(x) \equiv 0,\ L_2(x) \equiv 0,\ L_3(x) \equiv 0,\ \ldots,\ L_\tau(x) \equiv 0$$

таким образом, теорема I доказана, иными словами мы доказали:

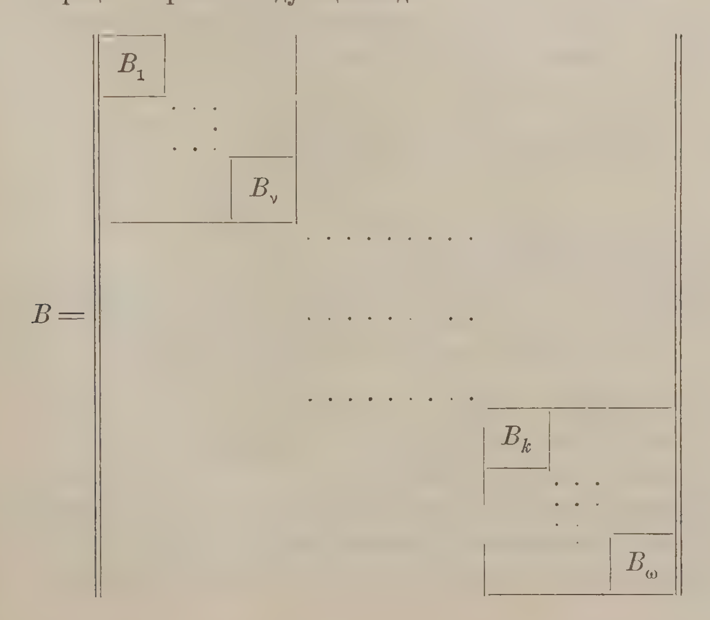
Если рассматриваемое многообразие E', заданное уравнениями (2), есть характеристическое многообразие по отношению подстановки, определяемой матрицей A, то вековое уравнение матрицы B имеет все корни, равные корням векового уравнения матрицы A.

§ **6.** Вернемся к рассмотрению матрицы B. Доказано, что все числа

$$\mu_1,\ \mu_2,\ \ldots,\ \mu_\omega,$$

отвечающие матрице B, суть корни векового уравнения, соответствующего исходной матрице A. Матрицу B разобьем на средние квадраты, объединив в каждом «среднем» квадрате все элементарные матрицы B_i («малые» квадраты), в которых фигурируют равные μ_i.

Матрица B примет следующий вид:



Обозначим буквами $\mu_1^*, \mu_2^*, \ldots, \mu_\beta^*$ все μ_i, не равные между собой. Каждому числу μ_j^* отвечает один средний квадрат большой матрицы B. Буквами $B_1^*, B_2^*, \ldots B_\beta^*$ обозначим средние квадратные матрицы, содержащиеся в большой матрице B.

Точно так же мы можем разбить на средние квадраты исходную матрицу A. С этой целью обозначим буквами $\lambda_1^*, \lambda_2^*, \ldots, \lambda_s^*$ не равные корни векового уравнения, отвечающего матрице A. Тогда матрица A примет следующую форму:

$$A = \left\| \begin{array}{ccc} \boxed{A_1^*} & & \\ & \ddots & \\ & & \boxed{A_s^*} \end{array} \right\| \quad \text{где} \quad A_j^* = \left\| \begin{array}{ccc} \boxed{A_{r_1}} & & \\ & \ddots & \\ & & \boxed{A_{r_j}} \end{array} \right\|$$

Ясно, что каждой средней матрице A_j^* отвечает своя группа независимых переменных $x_1, x_2, \ldots, x_k$. Заметив это, разобьем каждую из линейных форм (2)

$$(2) \qquad L_1(x),\ L_2(x);\ \ldots,\ L_p(x)$$

на сумму s частных линейных форм таким образом, чтобы в каждую частную линейную форму входили независимые переменные, только отвечающие соответствующим средним матрицам A_j большой матрицы A.

Таким образом, получим:

$$L_i(x) = L_i'(x) + L_i''(x) + \ldots + L_i^{(s)}(x) \quad \text{где} \quad i = 1,\ 2,\ 3,\ \ldots,\ p.$$

Линейная форма $L_i^{(r)}(x)$ содержит только те переменные x, которые соответствуют средней матрице A_r^*.

В силу доказанной теоремы I мы имеем, что все корни μ векового уравнения матрицы B равны соответствующим корням λ векового уравнении матрицы A. Приняв во внимание эту теорему, немедленно получаем, что система уравнений

$$(2) \qquad L_1(x) = 0,\ L_2(x) = 0,\ \ldots,\ L_p(x) = 0$$

которая определяет характеристическое многообразие E' разбивается на группы уравнений, отвечающие средним матрицам $B_1^*, B_2^*, \ldots, B_\beta^*$, причем в первой группе фигурируют лишь те переменные, которые отвечают

корню $\mu_1^* = \lambda_1^*$; во второй группе фигурируют переменные, отвечающие корню $\mu_2^* = \lambda_2^*$ и т. д. Таким образом имеем:

$$\lambda_1^* = \mu_1^*, \ \lambda_2^* = \mu_2^*, \ \ldots, \ \lambda_\beta^* = \mu_\beta^*$$

а это значит, что $\beta \leqslant s$, т. е. число β средних квадратов в большой матрицы B не превосходит числа средних квадратов канонической матрицы A.

В силу всего вышесказанного характеристическое многообразие E', данное уравнениями (2), на самом деле определяется уравнениями

$$
\begin{array}{l}
L_1^*(x) = 0, \ L_2^*(x) = 0, \ \ldots, \ L_r^*(x) = 0 \\
L_{r+1}^*(x) - 0, \ L_{r+2}^*(x) = 0, \ \ldots, \ L_t^*(x) = 0 \\
\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\
\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\
L_{v+1}^*(x) = 0, \ L_{v+2}^*(x) = 0, \ \ldots, \ L_u^*(x) = 0
\end{array} \tag{11}
$$

Каждая строка системы уравнений (11) определяется соответствующей средней матрицей B_j^*; следовательно, в каждой группе уравнений (11) фигурируют разные переменные x.

Очевидно, что характеристическое многообразие E' есть просто наименьшее из евклидовых пространств, обтягивающее те частные характеристические многообразия, которые получают, беря одну какую-нибудь строчку уравнений (11) и полагая остальные переменные x, не содержащиеся в этой строчке, равными нулю. Полученный результат можно формулировать в виде следующей теоремы:

Теорема II. — Чтобы получить произвольное характеристическое многообразие, достаточно в евклидовых пространствах, соответствующих средним матрицам A_j^*, взять какие-нибудь характеристические многообразия и обтянуть их наименьшим евклидовым многообразием.

Из этой теоремы непосредственно следует, что изучение характеристических многообразий и, в частности, осевых характеристических многообразий сводится к изучению характеристических многообразий, лежащих в евклидовом пространстве, отвечающем одной какой-либо средней квадратной матрице A_j^* или, что то же, матрице, вековое уравнение которой имеет только один корень. Так же ясно, что осевое характеристическое

многообразие может лежать только в одном евклидовом пространстве, определяемом какой-либо из средних матриц A_j^*: в самом деле, если предположить обратное, то осевое характеристическое многообразие разобьется, по крайней мере, на два характеристических многообразия без общих точек (кроме начала координат). Каждое из этих частных характеристических многообразий будет иметь свою, по крайней мере одну, характеристическую прямую, а этого быть не может, так как рассматриваемое многообразие есть осевое.

Таким образом, в дальнейшем, мы можем ограничиться рассмотрением матрицы A, вековое уравнение которой содержит только один корень λ.

§ 7. Изучив нужные нам свойства произвольного характеристического многообразия, перейдем к рассмотрению осевых характеристических многообразий. С этой целью рассмотрим евклидово пространство E, число измерений которого пусть будет равно k. Пусть

$$Ox_1,\ Ox_2,\ \ldots,\ Ox_k$$

оси координат рассматриваемого пространства E.

Линейная подстановка, определяемая матрицей A

$$A = \left\| \begin{matrix} a_{11} & a_{12} & \ldots & a_{1k} \\ a_{21} & a_{22} & \ldots & a_{2k} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{k1} & a_{k2} & \ldots & a_{kk} \end{matrix} \right\|$$

преобразует евклидово пространство E само в себя.

Предположим, что рассматриваемая линейная подстановка определяет в пространстве E осевое характеристическое многообразие M, число измерений которого равно ν.

В силу доказанной теоремы II мы вправе предположить, что вековое уравнение, отвечающее матрице A, имеет только один корень λ кратности k.

В осевое характеристическое многообразие M помещаем следующие оси координат пространства E

$$O\chi_1,\ O\chi_2,\ \ldots,\ O\chi_\nu$$

Подстановка, определяемая матрицей A, имеет следующий вид:

$$
(12)\quad
\begin{aligned}
y_1 &= a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \ldots + a_{1\nu}x_\nu + a_{1,\nu+1}x_{\nu+1} + \ldots + a_{1k}x_k \\
y_2 &= a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \ldots + a_{2\nu}x_\nu + a_{2,\nu+1}x_{\nu+1} + \ldots + a_{2\nu}x_k \\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\
y_\nu &= a_{\nu 1}x_1 + a_{\nu 2}x_2 + \ldots + a_{\nu\nu}x_\nu + a_{\nu,\nu+1}x_{\nu+1} + \ldots + a_{\nu k}x_k \\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\
y_k &= a_{k1}x_1 + a_{k2}x_2 + \ldots + a_{k\nu}x_\nu + a_{k,\nu+1}x_{\nu+1} + \ldots + a_{kk}x_k
\end{aligned}
$$

Осевое характеристическое многообразие M содержит оси координат

$$O\chi_1,\ O\chi_2,\ \ldots,\ O\chi_\nu$$

и линейной подстановкой (12) преобразуется само в себя. С другой стороны, мы получим многообразие M, если положим

$$x_{\nu+1} = 0,\ x_{\nu+2} = 0,\ \ldots,\ x_k = 0$$

следовательно, коэффициенты a_{ij} при $x_1, x_2, \ldots, x_\nu$ в выражениях

$$y_{\nu+1},\ y_{\nu+2},\ \ldots,\ y_k$$

должны быть равны нулю. Иными словами, если линейное преобразование (12) определяет осевое характеристическое многообразие M с осями координат $O\chi_1$, $O\chi_2$, $\ldots$, $O\chi_\nu$, то матрица, определяющая это линейное преобразование, необходимо должна иметь следующий вид:

$$
A_{\text{I}} = \left\|\begin{array}{cccc|ccc}
a_{11} & a_{12} & \ldots & a_{1\nu} & a_{1,\nu+1} & \ldots & a_{1k} \\
\cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\
\cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\
a_{\nu 1} & a_{\nu 2} & \ldots & a_{\nu\nu} & a_{\nu,\nu+1} & \ldots & a_{\nu k} \\
\hline
0 & 0 & \ldots & 0 & a_{\nu+1,\nu+1} & \ldots & a_{\nu+1,k} \\
\cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\
\cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\
0 & 0 & \ldots & 0 & a_{k,\nu+1} & \ldots & a_{kk}
\end{array}\right\|
$$

§ **8.** Матрица A после помещения осей координат $O\chi_1, O\chi_2, \ldots, O\chi_\nu$ в осевое характеристическое многообразие M преобразовалась в матрицу A_{I}. Чтобы получить дальнейшие упрощения матрицы A_{I}, преобразуем переменные $x_{\nu+1}, x_{\nu+2}, \ldots, x_k$. Очевидно, мы имеем

$$
(13) \qquad \begin{array}{l}
y_{\nu+1} = a_{\nu+1,\,\nu+1} x_{\nu+1} + a_{\nu+1,\,\nu+2} x_{\nu+2} + \ldots + a_{\nu+1,\,k} x_k \\
y_{\nu+2} = a_{\nu+2,\,\nu+1} x_{\nu+1} + a_{\nu+2,\,\nu+2} x_{\nu+2} + \ldots + a_{\nu+2,\,k} x_k \\
\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\
\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\
y_k = a_{k,\,\nu+1} x_{\nu+1} + a_{k,\,\nu+2} x_{\nu+2} + \ldots + a_{kk} x_k
\end{array}
$$

Произведя соответственно подобранную линейную подстановку с определителем, отличным от нуля, мы всегда можем переменные

$$x_{\nu+1},\ x_{\nu+2},\ \ldots,\ x_k$$

и переменные $y_{\nu+1}, y_{\nu+2}, \ldots, y_{\nu+k}$ преобразовать в новые переменные, так что матрица R подстановки (12)

$$
R = \left\| \begin{array}{cccc}
a_{\nu+1,\,\nu+1} & a_{\nu+1,\,\nu+2} & \ldots & a_{\nu+1,\,k} \\
\cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\
\cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\
a_{k,\,\nu+1} & a_{k,\,\nu+2} & \ldots & a_{kk}
\end{array} \right\|
$$

преобраэуется в каноническую форму $\overline{R}$.

$$
\overline{R} = \left\| \begin{array}{ccc}
\boxed{R_1} & & \\
 & \ddots & \\
 & & \boxed{R_p}
\end{array} \right\| \qquad \text{где} \qquad
R_j = \left\| \begin{array}{cccc}
\lambda & 1 & 0 \ldots & 0 \\
0 & \lambda & 1 \ldots & 0 \\
\cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\
\cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\
0 & 0 \ldots & 0 & \lambda
\end{array} \right\|
$$

Точно так же мы можем матрицу S, отвечающую осевому характеристическому многообразию M

$$
S = \left\| \begin{array}{cccc}
a_{11} & a_{12} & \ldots & a_{1\nu} \\
a_{21} & a_{22} & \ldots & a_{2\nu} \\
\cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\
\cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\
a_{\nu 1} & a_{\nu 2} & \ldots & a_{\nu\nu}
\end{array} \right\|
$$

с помощью линейных преобразований переменных

$$x_1,\ x_2,\ \dots,\ x_\nu \quad \text{и} \quad y_1,\ y_2,\ \dots,\ y_\nu$$

привести к каноническому виду. При этом в силу того, что многообразие M есть осевое характеристическое многообразие, канонический вид матрицы S будет следующий:

$$\bar{S} = \begin{Vmatrix} \lambda & 1 & 0 \dots 0 \\ 0 & \lambda & 1 \dots 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot \\ 0 & 0 \dots \lambda & 1 \\ 0 & 0 \dots 0 & \lambda \end{Vmatrix}$$

Объединив в одно два выше указанных линейных преобразования переменных $x_1, x_2, \dots, x_\nu,\ y_1, y_2, \dots, y_\nu$ и переменных

$$x_{\nu+1},\ x_{\nu+2},\ \dots,\ x_k, \qquad y_{\nu+1},\ y_{\nu+2},\ \dots,\ y_k,$$

мы преобразуем матрицу A_{I} в матрицу A_{II}

$$A_{\text{II}} = \left\Vert \begin{array}{cccc|cccc} \lambda & 1 & 0 \dots & 0 & \bar{a}_{1\nu+1} & \bar{a}_{1\nu+2} & \dots & \bar{a}_{1k} \\ 0 & \lambda & 1 \dots & 0 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 \dots & 0 & \lambda & \bar{a}_{\nu\nu+1} & \bar{a}_{\nu\nu+2} & \dots & \bar{a}_{\nu k} \\ \hline 0 & 0 \dots & & 0 & R_1 & & & \\ 0 & 0 \dots & & 0 & & \ddots & & \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & & & \ddots & \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & & & & R_p \\ 0 & 0 \dots & & 0 & & & & \end{array} \right\Vert$$

Матрицу A_{II} можно еще упростить, обратив в нули все строки, кроме последней в матрице Q

$$Q = \left\| \begin{matrix} \bar{a}_{1,\nu+1} & \bar{a}_{2,\nu+2} & \ldots & \bar{a}_{1,k} \\ \bar{a}_{2,\nu+1} & \bar{a}_{2,\nu+2} & \ldots & \bar{a}_{2,k} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \bar{a}_{\nu,\nu+1} & \bar{a}_{\nu,\nu+2} & \ldots & \bar{a}_{\nu,k} \end{matrix} \right\|$$

В самом деле, помножим последовательно вторую колонну матрицы A_{II} на $\bar{a}_{1,\nu+1}, \bar{a}_{1,\nu+2}, \ldots, \bar{a}_{1k}$; вычитая помноженную колонну из соответствующих колонн матрицы A_{II}, мы обратим в нули все элементы первой строки матрицы Q. При этом очевидно, что из всех элементов матрицы A_{II} мы изменим только элементы второй строки частичной матрицы Q. Теперь, помножая третью колонну матрицы A_{II} на новые элементы второй строки матрицы Q и вычитая умноженную колонну из соответствующих колонн матрицы A_{II}, мы обратим в нуль всю вторую строку матрицы Q и изменим только элементы ее третьей строки. Проделав указанную операцию достаточное число раз, мы преобразуем матрицу A_{II} в следующую матрицу:

$$A_{III} = \left\| \begin{array}{cccc|cccc} \lambda & 1 & 0 \ldots & 0 & 0 & 0 \ldots & & 0 \\ 0 & \lambda & 1 \ldots & 0 & 0 & 0 \ldots & & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & 0 \ldots & \lambda & a^*_{\nu+1} & a^*_{\nu+2} & \ldots & a^*_k \\ \hline 0 & 0 & 0 \ldots & 0 & R_1 & & & \\ 0 & 0 & 0 \ldots & 0 & & \ddots & & \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & & & & R_p \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & & & & \\ 0 & 0 & 0 \ldots & 0 & & & & \end{array} \right\|$$

Законность последних преобразований матрицы A следует из того, что элементарные делители Вейерштрасса инвариантны по отношению к упомянутым преобразованиям матрицы A.

§ 9. С другой стороны, матрицу A соответственно подобранным линейным преобразованием можно привести к каноническому виду. В силу того, что мы ограничились рассмотрением случая, когда вековое уравнение имеет только один корень, ее каноническая форма имеет вид:

$$\overline{A}=\left\|\begin{matrix} A_1 & & & \\ & A_2 & & \\ & & \ddots & \\ & & & A_m \end{matrix}\right\| \quad \text{где} \quad A_i=\left\|\begin{matrix} \lambda & 1 & 0 \dots 0 \\ 0 & \lambda & 1 \dots 0 \\ \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 \dots \lambda & 1 \\ 0 & 0 \dots 0 & \lambda \end{matrix}\right\|$$

Буквами $e_1, e_2, \dots, e_m$ обозначим порядки элементарных матриц

$$A_1, A_2, \dots, A_m$$

Вопрос акад. Н. Н. Лузина приводится к выяснению: может ли число измерений ν осевого характеристического многообразия M превосходить максимальный порядок элементарных матриц A_i, канонической матрицы $\overline{A}$?

Матрица

$$A=\left\|\begin{matrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1k} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{k1} & a_{k2} & \dots & a_{kk} \end{matrix}\right\|$$

как известно из теории линейных преобразований, приводится к каноническому виду $\overline{A}$ с помощью следующих линейных преобразований:

$$\begin{array}{ll} x_1=b_{11}\xi_1+b_{12}\xi_2+\dots+b_{1k}\xi_k; & y_1=b_{11}\eta_1+b_{12}\eta_2+\dots+b_{1k}\eta_k \\ x_2=b_{21}\xi_1+b_{22}\xi_2+\dots+b_{2k}\xi_k; & y_2=b_{21}\eta_1+b_{22}\eta_2+\dots+b_{2k}\eta_k \\ \dots\dots\dots & \dots\dots\dots \\ \dots\dots\dots & \dots\dots\dots \\ x_k=b_{k1}\xi_1+b_{k2}\xi_2+\dots+b_{kk}\xi_k; & y_k=b_{k1}\eta_1+b_{k2}\eta_2+\dots+b_{kk}\eta_k \end{array} \qquad (14)$$

т. е., если выражения $x_1, x_2, \ldots, x_k$ и $y_1, y_2, \ldots, y_k$ из уравнений (14) подставить в уравнения (12), то переменные $\eta_1, \eta_2, \ldots, \eta_k$ будут зависеть от переменных $\xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_k$ уже каноническим видом матрицы $\overline{A}$. Отметим, что определитель B подстановки (14)

$$B = \begin{vmatrix} b_{11} \, b_{12} \ldots b_{1k} \\ \ldots\ldots \\ \ldots\ldots \\ b_{k1} \, b_{k2} \ldots b_{kk} \end{vmatrix} \neq 0$$

преобразующей матрицу A в каноническую матрицу $\overline{A}$ отличен от нуля.

Уравнения (12) после замены переменных, определяемой подстановкой (14), примут следующий вид:

$$b_{11}\eta_1 + b_{12}\eta_2 + \ldots + b_{1k}\eta_k = \sum_{p=1}^{k} a_{1p}(b_{p1}\xi_1 + b_{p2}\xi_2 + \ldots + b_{pk}\xi_k)$$

$$b_{21}\eta_1 + b_{22}\eta_2 + \ldots + b_{2k}\eta_k = \sum_{p=1}^{k} a_{2p}(b_{p1}\xi_1 + b_{p2}\xi_2 + \ldots + b_{pk}\xi_k)$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$b_{k1}\eta_1 + b_{k2}\eta_2 + \ldots + b_{kk}\eta_k = \sum_{p=1}^{k} a_{kp}(b_{p1}\xi_1 + b_{p2}\xi_2 + \ldots + b_{pk}\xi_k)$$

Эти уравнения можно написать так:

$$(15) \qquad b_{i1}\eta_1 + b_{i2}\eta_2 + \ldots + b_{ik}\eta_k = \sum_{=1}^{k} \left(\sum_{p=1}^{k} a_{ip} b_{pq} \right) \xi_q,$$

где

$$i = 1, \ 2, \ 3, \ \ldots, \ k$$

Теперь, если разрешить систему уравнений (15) относительно переменных $\eta_1, \eta_2, \ldots, \eta_k$, что всегда возможно, так как определитель системы уравнений (15) $B = |b_{i,j}|$ отличен от нуля, то мы должны получить следующие соотношения:

$$(16) \quad \begin{array}{l} \eta_1 = \lambda\xi_1 + \xi_2; \ \ldots; \ \eta_{e_1+e_2+\ldots+e_{m-1}+1} = \lambda\xi_{e_1+e_2+\ldots+e_{m-1}+1} + \xi_{e_1+e_2+\ldots+e_{m-1}+2} \\ \eta_2 = \lambda\xi_2 + \xi_3; \ \ldots; \ \ldots\ldots\ldots\ldots \\ \ldots\ldots\ldots; \ \ldots\ldots\ldots\ldots \\ \ldots\ldots\ldots; \ \ldots\ldots\ldots\ldots \\ \eta_{e_1-1} = \lambda\xi_{e_1-1} + \xi_{e_1}; \ \ldots; \ \eta_{k-1} = \lambda\xi_{k-1} + \xi_k \\ \eta_{e_1} = \lambda\xi_{e_1}; \ \ldots; \ \eta_k = \lambda\xi_k \end{array}$$

Это следует из того, что зависимость между переменными

$$\eta_1, \eta_2, \ldots, \eta_k \quad \text{и} \quad \xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_k$$

дается канонической матрицей $\overline{A}$.

Соотношения (16), как видно, разбиваются на m отдельных групп, каждая группа соответствует своей элементарной матрице A_i. Эти соотношения удобнее, для дальнейшего, записать в следующей символической форме:

$$\eta_j = \lambda \xi_j + E_j \xi_{j+1} \quad \text{где} \quad j = 1, 2, \ldots, k \tag{17}$$

и E_j равно единице, если j-я строка матрицы $\overline{A}$ содержит единицу; E_j равно нулю в противном случае.

Подставив соотношения (17) в уравнения (15), приходим к следующим тождествам:

$$\sum_{j=1}^{k} b_{ij}(\lambda \xi_j + E_j \xi_{j+1}) = \sum_{q=1}^{k} \left(\sum_{p=1}^{k} a_{ip} b_{pq} \right) \xi_q, \quad i = 1, 2, \ldots, k$$

Последние тождества удобнее написать так

$$\lambda b_{i1} \xi_1 + \sum_{j=2}^{k} (\lambda b_j + E_{j-1} b_{i,j-1}) \xi_j = \sum_{q=1}^{k} \left(\sum_{p=1}^{k} a_{ip} b_{pq} \right) \xi_q \tag{18}$$

Приравнивая коэффициенты при равных номерах ξ_j в тождествах (18), получаем следующую систему уравнений для определения чисел b_{ij}

$$\begin{aligned} \lambda b_{i1} &= \sum_{p=1}^{k} a_{ip} b_{p1} \\ \lambda b_{ij} + E_{j-1} b_{i,j-1} &= \sum_{p=1}^{k} a_{ip} b_{pj} \end{aligned} \qquad \text{где} \quad \begin{cases} i = 1, 2, \ldots, k \\ j = 2, 3, \ldots, k \end{cases}$$

Этим уравнениям можно придать более симметричную форму. Для этого введем множитель E_{ij}, обладающий следующими свойствами:

$$E_{ij} = 0 \quad \text{если} \quad i \neq j$$

$$E_{ii} = 1$$

Тогда, очевидно, имеем:

$$(19)\quad \begin{aligned} &\sum_{p=1}^{k}(a_{ip}-E_{ij}\lambda)\,b_{p1}=0 \\ &E_{j-1}\,b_{i,j-1}=\sum_{p=1}^{k}(a_{ip}-E_{ip}\lambda)\,b_{pj} \end{aligned} \qquad \text{где} \quad \left\{ \begin{aligned} &i=1,\ 2,\ \ldots,\ k \\ &j=2,\ 3,\ \ldots,\ k \end{aligned} \right.$$

§ **10.** Выше было показано (см. § 8), что заданную матрицу A можно привести к следующему виду:

$$A_{\text{III}}=\left\|\begin{array}{cccc|cccc} \lambda & 1 & 0\ldots & 0 & 0 & 0\ldots & 0 & 0 \\ 0 & \lambda & 1\ldots & 0 & 0 & 0\ldots & 0 & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0\ldots & 0 & \lambda & a^*_{\nu+1} & a^*_{\nu+2} & \ldots & a^*_k \\ \hline 0 & 0\ldots & 0 & 0 & \boxed{R_1} & & & \\ 0 & 0\ldots & 0 & 0 & & \ddots & & \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & & & \ddots & \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & & & & \boxed{R_p} \\ 0 & 0\ldots & 0 & 0 & & & & \end{array}\right\|$$

Следовательно, нам надо привести к каноническому виду не матрицу A, а преобразованную матрицу A_{III}. В этом случае система уравнений (19) значительно упростится. В самом деле, если мы будем черпать коэффициенты a_{ij} для системы уравнений (19) из матрицы A_{III}, то эти уравнения напишутся так:

$$(19\text{a})\qquad \left.\begin{aligned} &b_{i+1,1}=0 \\ &E_{j-1}\,b_{i,j-1}=b_{i+1,j} \end{aligned}\right\} \quad \begin{aligned} &i=1,\ 2,\ \ldots,\ \nu-1 \\ &j=2,\ 3,\ \ldots,\ k \end{aligned}$$

$$(19\text{b})\qquad \left.\begin{aligned} &\sum_{p=\nu+1}^{k}a_p^*\,b_{p1}=0 \\ &E_{j-1}\,b_{\nu j-1}=\sum_{p=\nu+1}^{k}a_p^*\,b_{pj} \end{aligned}\right| \quad \begin{aligned} &i=\nu \\ &j=2,\ 3,\ \ldots,\ k \end{aligned}$$

$$(19c)\qquad \left.\begin{aligned} E_i^* = b_{i+1,1} &= 0 \\ E_{j-1} b_{i,j-1} &= E_i^* b_{i+1,j} \end{aligned}\right\} \begin{aligned} i &= \nu+1,\ \nu+2,\ \ldots,\ k \\ j &= 2,\ 3,\ \ldots,\ k \end{aligned}$$

где E_i^* равно единице, если i-я строка матрицы A_{III} содержит элемент, равный единице, и E_i^* равно нулю, если в соответствующей строчке единицы не содержится.

Система уравнений (19), написанная для матрицы A_{III}, разбилась, как мы видим, на три различных группы уравнений. Для дальнейшего исследования достаточно рассмотреть только первую группу этих уравнений, т. е. систему уравнений (19a).

§ **11.** Переходим к рассмотрению определителя B линейного преобразования (14). Прежде всего рассмотрим ν первых его строк. Для этого обратимся к группе уравнений (19a). Замечаем, что уравнения

$$b_{i+1,1} = 0 \quad i = 1,\ 2,\ \ldots,\ \nu - 1$$

определяют элементы первой колонны определителя B. В силу этих уравнений элементы первой колонны, начиная со второго и кончая ν-ым элементом, равны нулю. Вторая система уравнений из системы (19a)

$$E_{j-1} b_{i,j-1} = b_{i+1,j}$$

разбивается на две подгруппы; именно, если $E_{j-1} = 1$, то мы имеем

$$b_{i,j-1} = b_{i+1,j}$$

что показывает равенство друг другу элементов, лежащих на диагоналях, параллельных главной диагонали определителя B. С другой стороны, если $E_{j-1} = 0$, то мы имеем

$$0 = b_{i+1,j}$$

эти уравнения показывают, что элементы соответствующих колонн равны нулю (кроме первого). Выбираем те индексы $j-1$, для которых $E_{j-1} = 0$; очевидно, мы имеем:

$$j - 1 = e;\ j - 1 = e_1 + e_2;\ \ldots,\ j - 1 = e_1 + e_2 + \ldots + e_{m-1}$$

В определителе B отметим колонны со следующими номерами:

$$1,\ e_1 + 1,\ e_1 + e_2 + 1,\ \ldots,\ e_1 + e_2 + \ldots + e_{m-1} + 1.$$

Ради сокращения речи назовем отмеченные колонны определителя B основными колоннами. Очевидно, что число колонн определителя B, лежа-

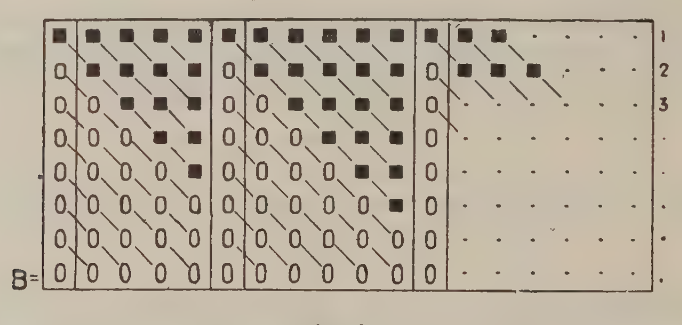
щих между двумя последовательными основными колоннами, равно соответствующему числу e_i. Элементы основных колонн определителя B определяются уравнениями

$$b_{i+1,j}=0, \quad 1 \leqslant i \leqslant \nu-1$$
$$1 \leqslant j \leqslant k$$

Элементы всех прочих колонн определителя B даются уравнениями

$$b_{i,j+1}=b_{i+1,j} \quad 1 \leqslant i \leqslant \nu-1$$
$$2 \leqslant j \leqslant k$$

Если теперь мы символически будем черным квадратом обозначать элемент определителя B, отличный от нуля, и соединять цепочкой равные элементы, то для ν первых строк определителя B получим следующую схему:



Фиг. 1.

На прилагаемой схеме изображены три основные колонны; в каждой из них отличен от нуля только первый элемент. Элементы определителя B, находящиеся на диагоналях, параллельных главной диагонали, и лежащие между двумя основными колоннами, как изображено на схеме, равны между собой. Элемент, не равный нулю, может попасть на ν-ю строку определителя B только в том случае, если найдутся две основных колонны, между которыми заключено по крайней мере ν колонн. Число колонн между основными колоннами, как мы знаем, равно следующим числам:

$$e_1, \; e_2, \; \ldots, \; e_m$$

Таким образом, если $\nu > e_i$, $(i=1, 2, \ldots, m)$, то определитель B на ν-й строке будет иметь элементы только равные нулю, а этого быть не может, так как подстановка (14), преобразующая матрицу $\dot{A}$ к канониче-

скому виду $\overline{A}$, имеет определитель, заведомо отличный от нуля. Иначе говоря, доказано, что необходимо должно иметь место неравенство

$$\nu \leqslant \bar{e},$$

где $\bar{e}$ наибольшее из чисел $e_1, e_2, \ldots, e_m$

Но ν — это есть число измерений характеристического осевого многообразия M, а числа e_i равны порядкам элементарных матриц канонической матрицы $\overline{A}$ или, что то же, равны показателям степени элементарных делителей Вейерштрасса λ-матрицы, соответствующей матрицы A. Полученный результат приводит нас к следующей теореме:

Теорема III. Число измерений ν осевого характеристического многообразия определяемого матрицей $A = \|a_{ij}\|$, вековое уравнение которой имеет только один корень, не может превышать наибольшего из порядков элементарных матриц, содержащихся в матрице A, иначе говоря, при всех формулированных условиях, число измерений ν осевого характеристического многообразия не может превышать наибольший показатель степени элементарных делителей Вейерштрасса соответствующей λ-матрицы.

§ **12.** Рассмотрим общий случай, т. е. случай, когда вековое уравнение матрицы A имеет различные корни. Обозначим различные корни векового уравнения буквами

$$\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_r$$

Тогда канонический вид матрицы A будет следующий:

$$\overline{A} = \begin{Vmatrix} \boxed{A_1^*} & & \\ & \begin{matrix} \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \end{matrix} & \\ & & \boxed{A_r^*} \end{Vmatrix}$$

где

$$A_j^* = \begin{Vmatrix} \boxed{A_j'} & & \\ & \begin{matrix} \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \end{matrix} & \\ & & \boxed{A_j^{(r_j)}} \end{Vmatrix} \qquad \text{и} \qquad A_j^{(i)} = \begin{Vmatrix} \lambda_j & 1 & 0 \ldots 0 \\ 0 & \lambda_j & 1 \ldots 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\ 0 & 0 \ldots & \lambda_j \end{Vmatrix}$$

В силу доказанной в § 6 теоремы II, при изучении осевого характеристического многообразия, ось которого имеет модулем сдвига* число λ_j, мы можем ограничиться рассмотрением матрицы A_j^*, ибо осевое характеристическое многообразие с модулем сдвига λ_j лежит целиком в евклидовом пространстве, определяемом матрицей A_j^*. Следовательно, число измерений рассматриваемого осевого характеристического многообразия не может превышать наибольший из показателей степени элементарных делителей Вейерштрасса следующего вида

$$(\lambda - \lambda_j)^{e_p}$$

Приняв все это во внимание, мы немедленно заключаем о справедливости следующей теоремы для общего случая метода акад. А. Н. Крылова:

Теорема IV. Если перемещающий множитель $M(a, b, c, \ldots, f)$ тождественно равен нулю, то алгебраическое уравнение, составленное по методе акад. А. Н. Крылова, при надлежаще подобранных численных величинах параметров $a, b, c, \ldots, f$, имеет своими корнями $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \ldots$ любую совокупность численно-различных между собою корней векового уравнения в любых кратностях

$$k_1,\ k_2,\ k_3,\ \ldots,$$

не превосходящих максимальных показателей степеней

$$\bar{e}_1,\ \bar{e}_2,\ \bar{e}_3,\ \ldots$$

элементарных делителей Вейерштрасса

$$(\lambda - \lambda_1)^{\bar{e}_1},\ (\lambda - \lambda_2)^{\bar{e}_2},\ \ldots,\ (\lambda - \lambda_r)^{\bar{e}_r},$$

соответствующих этим корням:

$$1 \leqslant k_1 \leqslant \bar{e}_1,\ 1 \leqslant k_2 \leqslant \bar{e}_2,\ \ldots,\ 1 \leqslant k_r \leqslant \bar{e}_r$$

и кратностей, превосходящих указанные числа $\bar{e}_1, \bar{e}_2, \bar{e}_3, \ldots,$ иметь *никогда* не может.

Эта теорема полностью решает проблему, поставленную акад. Н. Н. Лузиным.

---

* ИМЕН, 1932, № 5, стр. 629.

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК СССР. 1933
BULLETIN DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'URSS
Classe des sciences mathématiques et naturelles
Отделение математических и естественных наук

ОБ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ИНВАРИАНТАХ $(n-1)$-го ПОРЯДКА

Г. В. ПФЕЙФФЕРА

(Представлено академиком **А. Н. Крыловым**)

В предшествующее десятилетие три крупнейших математика: Ed. Goursat,[1] E. Cartan[2] и Th. De-Donder[3] опубликовали монографии, связанные: первая отчасти, вторые две непосредственно с теорией интегральных инвариантов. Такое событие не может не оказать влияния на дальнейшее развитие названной области математики. Располагая упомянутыми монографиями, лица, интересующиеся теорией интегральных инвариантов, получают возможность с повышенным интересом и гораздо большей уверенностью продолжать свои исследования.

Обратим внимание на следующего рода обстоятельство.

Построение общего оператора, перемещающего решения линейного однородного уравнения:

$$\xi_1 \frac{\partial f}{\partial x_1} + \xi_2 \frac{\partial f}{\partial x_2} + \ldots + \xi_n \frac{\partial f}{\partial x_n} = 0, \tag{1}$$

а также построение общей системы контравариантных функций 1-го порядка и общего интегрального инварианта $(n-1)$-го порядка системы:

$$\frac{dx_1}{\xi_1} = \frac{dx_2}{\xi_2} = \ldots = \frac{dx_n}{\xi_n} = dt, \tag{2}$$

ξ_i — функции, не содержащие времени t,

— вопросы, весьма близкие друг к другу.

[1] *Ed. Goursat.* Leçons sur le problème de Pfaff (Paris, 1922).
[2] *E. Cartan.* Leçons sur les invariants intégraux (Paris, 1922).
[3] *Th. De-Donder.* Théorie des invariants intégraux (Paris, 1927).

Решение первого вопроса, в ряде наших работ,[1] доведено до конца. Эти исследования реферировались A. Buhl'ем на международном конгрессе математиков в Цюрихе.[2]

Естественно, что у нас явилось желание, воспользовавшись идеями, приведшими к решению первого вопроса, получить полное решение также второго и третьего вопросов.

Настоящая статья будет посвящена построению наиболее общей системы контравариантных функций первого порядка и наиболее общего интегрального инварианта $(n-1)$-го порядка.

Примем обозначения:

$$X(f)=\xi_1\frac{\partial f}{\partial x_1}+\xi_2\frac{\partial f}{\partial x_2}+\ldots+\xi_n\frac{\partial f}{\partial x_n}, \tag{3}$$

$$Y(f)=\eta_1\frac{\partial f}{\partial x_1}+\eta_2\frac{\partial f}{\partial x_2}+\ldots+\eta_n\frac{\partial f}{\partial x_n}. \tag{4}$$

На основании исследований S. Lie[3] операторы:

$$Y(f)=\sum_{i=1}^{n}\eta_i\frac{\partial f}{\partial x_i}, \tag{5}$$

перемещающие решения:

$$\varphi_1,\ \varphi_2,\ \ldots\ \varphi_{n-1} \tag{6}$$

уравнения:

$$X(f)=\sum_{i=1}^{n}\xi_i\frac{\partial f}{\partial x_i}=0, \tag{7}$$

определяются соотношением:[4]

$$XY(f)-YX(f)=\lambda X(f). \tag{8}$$

[1] *Г. В Пфейффер.* Теоремы, выясняющие ряд вопросов в задаче о перестановке решений линейного уравнения с частными производными первого порядка (ДАН-А, 1929, № 8, стр. 177—182); *G. Pfeiffer.* Sur la permutation des solutions d'une équation linéaire aux dérivées partielles du premier ordre (Bull. des Sc. math., sér. 2, t. LII, octobre 1928); *id.*, Quelques additions au problème de M. A. Buhl (Atti del Congr. Intern., Bologna, 1928, t. III, pp. 45—46); *id.*, Construction de l'opérateur général, permutant les intégrales d'une équation linéaire et homogène aux dérivées partielles du premier ordre (C. R., 1931, t. 192, pp. 660—662); *id.*, Sur la permutation des intégrales d'une équation linéaire et homogène aux dérivées partielles du premier ordre (Ann. de Toulouse, 1931, sér. 3, t. XXIII, pp. 139—181); *id.*, Résolution de la relation de S. Lie, definissant les opérateurs d'une équation linéaire homogène aux dérivées partielles du premier ordre (Bull. des Sc. math., sér. 2, t. LVI, février 1932).

[2] *A. Buhl.* Anschluss an den Vortrag (Verhandl. des Intern. Math. Kongr. Zürich, 1932, Bd. I, S 49).

[3] *S. Lie* et *Fr. Engel.* Theorie der Transformationsgruppen (Leipzig, 1888, Bd. S. 138—143).

[4] *E. Cartan.* Leçons sur les invariants intégraux (Paris, 1922, pp. 95—96).

Нами показано,[1] что, если под r разуметь частное решение зависимости:

$$X(r) = \lambda, \tag{9}$$

то подстановка:

$$Y(f) = Z(f) + rX(f) \tag{10}$$

$$Z(f) = \zeta_1 \frac{\partial f}{\partial x_1} + \zeta_2 \frac{\partial f}{\partial x_2} + \ldots + \zeta_n \frac{\partial f}{\partial x_n}, \tag{11}$$

$$\eta_i = \zeta_i + r\xi_i, \tag{12}$$

$$i = 1, 2, \ldots n,$$

переводит соотношение (8) в тождество:

$$XZ(f) - ZX(f) \equiv 0. \tag{13}$$

Коэффициенты:

$$\zeta_1, \zeta_2, \ldots \zeta_n \tag{14}$$

общего решения (11) соотношения (13) дают наиболее общую систему контравариантных функций 1-го порядка системы (2).[2]

Необходимым и достаточным условием того, чтобы интеграл:

$$\int \omega_{n-1}, \tag{15}$$

где ω_{n-1} — символическая форма ($n-1$)-й степени:

$$\omega_{n-1} = \eta_1 dx_2 dx_3 \ldots dx_{n-1} dx_n \pm \eta_2 dx_3 dx_4 \ldots dx_n dx_1 + \\ + \ldots (\pm)^{n-1} \eta_n dx_1 dx_2 \ldots dx_{n-1}, \tag{16}$$

взятая со знаками $+$ при n нечетном и чередующимися знаками $+$, $-$ при n четном, был интегральным инвариантом ($n-1$)-го порядка системы (2), является тождество:[3]

$$XY(f) - YX(f) \equiv \mu Y(f), \tag{17}$$

$$\mu = -\sum_{i=1}^{n} \frac{\partial \xi_i}{\partial x_i}. \tag{18}$$

[1] *G. Pfeiffer.* Sur la permutation des intégrales d'une équation linéaire et homogène... Ann. de Toulouse, 1931, sér. 3, t. XXIII, pp. 156, 174); *id.*, Résolution de la relation de S. Lie... (Bull. des Sc. math., sér. 2, t. LVI, février 1932).

[2] *Th. De-Donder.* Théorie des invariants intégraux (Paris, 1927, pp. 91—92).

[3] *Ed. Goursat.* Leçons sur le problème de Pfaff (Paris, 1922, p. 223). — *G. Königs.* Sur les nivariants intégraux (C. R., t. 122, 1896, pp. 25—27).

Нами установлено,[1] что, если $\mu \neq 0$ и если бесконечно-малое преобразование $Y(f)$ заменить бесконечно-малым преобразованием $Z(f)$ по равенству:

$$Z(f) = \sigma Y(f), \tag{19}$$

$$Z(f) = \zeta_1 \frac{\partial f}{\partial x_1} + \zeta_2 \frac{\partial f}{\partial x_2} + \ldots + \zeta_n \frac{\partial f}{\partial x_n}, \tag{20}$$

$$\zeta_i = \sigma \eta_i, \tag{21}$$

$$i = 1,\ 2,\ \ldots\ n,$$

где σ — частное решение зависимости:

$$X(\log \sigma) = -\mu, \quad X(\sigma) = \sigma \sum_{i=1}^{n} \frac{\partial \xi_i}{\partial x_i} \tag{22}$$

и, следовательно, величина, обратная множителю w системы (2):

$$w = \frac{1}{\sigma}, \quad X(w) + w \sum_{i=1}^{n} \frac{\partial \xi_i}{\partial x_i} = 0, \tag{23}$$

$$Y(f) = wZ(f), \tag{24}$$

то соотношение (17) обратится в тождество:

$$XZ(f) - ZX(f) \equiv 0. \tag{25}$$

Когда $\mu = 0$, соотношение (17) представляет тождество (25).

Тождество (25) из тождества (17) получено Königs'ом,[2] но не из общей теории преобразования уравнений:

$$X(f) = 0, \quad Y(f) = 0,$$

обладающих свойством:

$$XY(f) - YX(f) \equiv pX(f) + qY(f).$$

Таким образом мы видим, что разыскание: операторов уравнения (1), а также контравариантных функций первого порядка и интегральных инвариантов $(n-1)$-го порядка системы (2) требуют рассмотрения одного и того же тождества (25).

[1] *Г. Пфейффер.* Теоремы, выясняющие ряд вопросов в задаче о перестановке решений линейного уравнения с частными производными первого порядка (ДАН-А, 1929, № 8, стр. 150).

[2] *G. Königs.* Sur les invariants intégraux (C. R., t. 122, 1896, pp. 25—27).

Коэффициенты решения $Z(f)$ соотношения (25) дают систему контравариантных функций 1-го порядка системы (2). Если к решению $Z(f)$ соотношения (25) прибавить выражение $rX(f)$, найдем оператор $Y(f)$ уравнения (1). Если решение $Z(f)$ соотношения (25) умножим на множитель w системы (2), то получим бесконечно-малое преобразование $Y(f)$, определяющее символическую форму (16), при которой интеграл (15) — интегральный инвариант (n — 1)-го порядка системы (2).

Решение соотношения (25) требует интегрирования Jacobi'евой системы линейных уравнений с частными производными первого порядка многих функций:

$$
\begin{aligned}
&\xi_1 \frac{\partial \zeta_1}{\partial x_1} + \ldots + \xi_n \frac{\partial \zeta_1}{\partial x_n} = \zeta_1 \frac{\partial \xi_1}{\partial x_1} + \ldots + \zeta_n \frac{\partial \xi_1}{\partial x_n},\\
&\xi_1 \frac{\partial \zeta_2}{\partial x_1} + \ldots + \xi_n \frac{\partial \zeta_2}{\partial x_n} = \zeta_1 \frac{\partial \xi_2}{\partial x_1} + \ldots + \zeta_n \frac{\partial \xi_2}{\partial x_n}\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\
&\xi_1 \frac{\partial \zeta_n}{\partial x_1} + \ldots + \xi_n \frac{\partial \zeta_n}{\partial x_n} = \zeta_1 \frac{\partial \xi_n}{\partial x_1} + \ldots + \zeta_n \frac{\partial \xi_n}{\partial x_n}.
\end{aligned}
\tag{26}
$$

Интеграция ее равносильна интегрированию системы обыкновенных дифференциальных уравнений:

$$
\frac{dx_1}{\xi_1} = \ldots = \frac{dx_n}{\xi_n} = \frac{d\zeta_1}{\sum \zeta_i \frac{\partial \xi_1}{\partial x_i}} = \ldots = \frac{d\zeta_n}{\sum \zeta_i \frac{\partial \xi_n}{\partial x_i}}, \tag{27}
$$

распадающейся на систему:

$$
\frac{dx_1}{\xi_1} = \frac{dx_2}{\xi_2} = \ldots = \frac{dx_n}{\xi_n} \tag{28}
$$

с интегралами (6) и систему обыкновенных линейных уравнений:

$$
\begin{aligned}
&[\xi_n] \frac{d[\zeta_1]}{dx_n} = [\zeta_1] \left[\frac{\partial \xi_1}{\partial x_1}\right] + \ldots + [\zeta_n] \left[\frac{\partial \xi_1}{\partial x_n}\right],\\
&[\xi_n] \frac{d[\zeta_2]}{dx_n} = [\zeta_1] \left[\frac{\partial \xi_2}{\partial x_1}\right] + \ldots + [\zeta_n] \left[\frac{\partial \xi_2}{\partial x_n}\right],\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\
&[\xi_n] \frac{d[\zeta_n]}{dx_n} = [\zeta_1] \left[\frac{\partial \xi_n}{\partial x_1}\right] + \ldots + [\zeta_n] \left[\frac{\partial \xi_n}{\partial x_n}\right],
\end{aligned}
\tag{29}
$$

где скобки [ ] указывают на то, что переменные $x_1, x_2, \dots x_{n-1}$ заменены их выражениями из уравнений:

$$\varphi_1 = c_1, \ \varphi_2 = c_2, \ \dots \ \varphi_{n-1} = c_{n-1}. \tag{30}$$

Общая форма бесконечно-малого преобразования $Z(f)$, удовлетворяющего соотношению (25), такова:

$$Z(f) = \sum_{j=1}^{n-1} \Psi_j Z_j(f) + \Psi_n X(f), \tag{31}$$

где Ψ — произвольные функции интегралов (6), $Z_j(f)$ — частные виды бесконечно-малого преобразования $Z(f)$.[1]

Ясно, что бесконечно-малые преобразования:

$$Z_1(f), \ Z_2(f), \ \dots \ Z_{n-1}(f), \ X(f) \tag{32}$$

не должны удовлетворять соотношению или соотношениям типа:

$$\theta_1 Z_1(f) + \theta_2 Z_2(f) + \dots + \theta_{n-1} Z_{n-1}(f) + \theta_0 X(f) \equiv 0, \tag{33}$$

где θ — определенные функции интегралов (6).

Замечание. Если решения (32) соотношения (25) связаны зависимостями:

$$Z_m(f) \equiv \pi_1 Z_1(f) + \dots + \pi_{m-1} Z_{m-1}(f), \tag{34}$$

$$X(f) \equiv \rho_1 Z_1(f) + \dots + \rho_{m-1} Z_{m-1}(f), \tag{35}$$

π, ρ — функции независимых переменных,

$Z_1(f), \ Z_2(f), \ \dots \ Z_{m-1}(f)$ — независимы,

то тождества (34), (35) того же характера, что и тождество (33).[2]

Действительно, на основании (25):

$$\sum_{k=1}^{m-1} X(\pi_k) Z_k(f) \equiv 0, \quad \sum_{k=1}^{m-1} X(\rho_k) Z_k(f) \equiv 0;$$

$$X(\pi_k) \equiv 0, \ X(\rho_k) \equiv 0;$$

$$\pi_k = \theta_k(\varphi_1, \ \dots \ \varphi_{n-1}), \ \rho_k = \vartheta_k(\varphi_1, \ \dots \ \varphi_{n-1}), \tag{36}$$

$$k = 1, \ 2, \ \dots \ m - 1.$$

[1] *G. Pfeiffer*. Sur la permutation des intégrales d'une équation linéaire et homogène... Ann. de Toulouse, sér. 3, t. XXIII, 1931, pp. 154—158); *id.*, Résolution de la relation de S. Lie... Bull. des Sc. math., sér. 2, t. LVI, février 1932).

[2] *G. Pfeiffer*. Sur la permutation... (pp. 142—146).

Переходим к построению общего решения (31) соотношения (25).
Нами установлено,[1] что выражения:

$$Y_1(f) = \frac{L_1(f)}{\omega^{(1)}}, \quad Y_2(f) = \frac{L_2(f)}{\omega^{(2)}}, \; \ldots \; Y_{n-1}(f) = \frac{L_{n-1}(f)}{\omega^{(n-1)}}, \tag{37}$$

$$\begin{gathered}
L_1(f) = \frac{D(f, v_1, \varphi_2, \ldots \varphi_{n-2}, \varphi_{n-1})}{D(x_1, x_2, \ldots, x_{n-1}, x_n)}, \\
L_2(f) = \frac{D(f, \varphi_1, v_2, \ldots, \varphi_{n-2}, \varphi_{n-1})}{D(x_1, x_2, \ldots, x_{n-1}, x_n)}, \\
\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\
L_{n-1}(f) = \frac{D(f, \varphi_1, \varphi_2, \ldots, \varphi_{n-2}, v_{n-1})}{D(x_1, x_2, \ldots, x_{n-1}, x_n)},
\end{gathered} \tag{38}$$

$$\omega^{(i)} = \frac{D(\varphi_{n-1}, \varphi_1, \varphi_2, \ldots, \varphi_{n-2}, v_i)}{D(x_1, x_2, \ldots, x_{n-1}, x_n)}, \tag{39}$$

$$i = 1, \; 2, \; \ldots \; n-1,$$

будучи независимыми при произвольных функциях:

$$v_1, \; v_2, \; \ldots \; v_{n-1} \tag{40}$$

между собою и с бесконечно-малым преобразованием $X(f)$, удовлетворяют тождествам:

$$XY_j(f) - Y_j X(f) \equiv \lambda_j X(f), \tag{41}$$

$$\lambda_j = Y_j\left(\log \frac{M}{\omega^{(j)}}\right), \tag{42}$$

$$j = 1, \; 2, \; \ldots \; n-1,$$

где M — Jacobi'ев множитель уравнения (1), соответствующий интегралам (6).

Выражения:

$$Y_1(f), \; Y_2(f), \; \ldots \; Y_{n-1}(f), \; X(f) \tag{43}$$

— независимые операторы уравнения (1); они приводят к общему оператору:

$$Y(f) = \sum_{j=1}^{n-1} \Psi_j Y_j(f) + \rho X(f), \tag{44}$$

где ρ — произвольная функция независимых переменных.[2]

[1] *G. Pfeiffer*. Sur la permutation... (pp. 169—178).

[2] Ibid., p. 158.

Оператор (44) удовлетворяет тождеству:

$$XY(f) - YX(f) \equiv \lambda X(f), \tag{45}$$

в котором:

$$\lambda = \sum_{j=1}^{n-1} \Psi_j \lambda_j + X(\rho) \tag{46}$$

— произвольная функция независимых переменных, связанная равенством (46) с произвольной функцией ρ.

Разыскав частные решения $r_1, r_2, \ldots r_{n-1}$ уравнений:

$$X(r_1) = \lambda_1, \; X(r_2) = \lambda_2, \; \ldots \; X(r_{n-1}) = \lambda_{n-1}, \tag{47}$$

произведем подстановки (10), (11), (12):

$$Z_j(f) = Y_j(f) - r_j X(f), \tag{48}$$

$$j = 1, 2, \ldots n-1.$$

Получим бесконечно-малые преобразования:

$$Z_1(f), \; Z_2(f), \; \ldots \; Z_{n-1}(f), \; X(f), \tag{49}$$

являющиеся частными решениями соотношения (25). Они не удовлетворяют зависимостям (33) и дают возможность построить общее решение (31) соотношения (25):

$$\begin{aligned} Z(f) &= \sum_{j=1}^{n-1} \Psi_j Z_j(f) + \Psi_n X(f) \\ &= \sum_{j=1}^{n-1} \Psi_j Y_j(f) - \left(\sum_{j=1}^{n-1} \Psi_j r_j - \Psi_n \right) X(f), \end{aligned} \tag{50}$$

$$Y_\nu(f) = \frac{L_\nu(f)}{\omega^{(\nu)}} \frac{1}{\omega^{(\nu)}} \sum_{k=1}^{n} \beta_k^{(\nu)} \frac{\partial f}{\partial x_k}, \tag{51}$$

$$\beta_k^{(\nu)} = (-1)^{k-1} \frac{D(\varphi_1, \ldots \varphi_{\nu-1}, v_\nu, \varphi_{\nu+1}, \ldots \varphi_{n-1})}{D(x_1, \ldots x_{k-1}, x_{k+1}, \ldots x_n)}, \tag{52}$$

$$\nu = 1, 2, \ldots n-1.$$

К тому же выражению (50) мы придем, найдя решение:

$$r = \sum_{j=1}^{n-1} \Psi_j r_j + \rho - \Psi_n \tag{53}$$

уравнения:

$$X(r) = \lambda, \quad X(r) = \sum_{j=1}^{n-1} \Psi_j \lambda_j + X(\rho)$$
$$= \sum_{j=1}^{n-1} \Psi_j X(r_j) + X(\rho) \tag{54}$$

и произведя подстановку (10), (11), (12):

$$Z(f) = Y(f) - rX(f). \tag{55}$$

Прибавив:

$$rX(f) = \left(\sum_{j=1}^{n-1} \Psi_j r_j - \Psi_n + \rho\right) X(f) \tag{56}$$

к (50), получим оператор (44) уравнения (1); умножив (50) на множитель w системы (2), найдем бесконечно-малое преобразование:

$$Y(f) = w \left\{ \sum_{j=1}^{n-1} \Psi_j Z_i(f) + \Psi_n X(f) \right\}, \tag{57}$$

определяющее символическую форму (16) интегрального инварианта (15) системы (2).

Скажем несколько слов о наиболее общем интегральном инварианте $(n-1)$-го порядка, связанном с траекториями (2).

Условие, налагаемое на форму (16) требованием, чтобы интеграл (15) был интегральным инвариантом, связанным с траекториями (2),[1] выражается пропорцией:

$$\frac{\eta_1}{\xi_1} = \frac{\eta_2}{\xi_2} = \ldots = \frac{\eta_n}{\xi_n} = \omega, \tag{58}$$

ω — функция независимыл переменных.

Бесконечно-малые преобразования (4), (3) отличаются множителем ω:

$$Y(f) = \omega X(f). \tag{59}$$

[1] *Ed. Goursat.* Leçons sur le problème de Pfaff (Paris, 1922, pp. 236—238).

Отсюда вытекает, что выражение (57) дает наиболее общий интегральный инвариант $(n-1)$-го порядка, связанный с траекториями (2), если:

$$w\left\{\sum_{j=1}^{n-1}\Psi_j Z_j(f)+\Psi_n X(f)\right\}=\omega X(f), \tag{60}$$

$$\sum_{j=1}^{n-1}\Psi_j Z_j(f)=\left(\frac{\omega}{w}-\Psi_n\right)X(f) \tag{61}$$

$$\sum_{j=1}^{n-1}\Psi_j Y_j(f)=\left(\frac{\omega}{w}-\Psi_n+\sum_{j=1}^{n-1}\Psi_j r_j\right)X(f). \tag{62}$$

Так как бесконечно-малые преобразования (43) независимы, то:

$$\Psi_1=\Psi_2=\ldots=\Psi_{n-1}=0,\ \ \omega=w\Psi_n, \tag{63}$$

$$Y(f)=w\Psi_n X(f). \tag{64}$$

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК СССР. 1933
BULLETIN DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'URSS

Classe des sciences mathématiques et naturelles

Отделение математических и естественных наук

О РАЗЛОЖЕНИИ В РЯДЫ ФУРЬЕ ПОВЫШЕННОЙ СХОДИМОСТИ ФУНКЦИЙ, ОПРЕДЕЛЕННЫХ В ДАННОМ ПРОМЕЖУТКЕ.[1]

А. С. МАЛИЕВА

(*Представлено академиком* **А. Н. Крыловым**)

В статье «Ряды Фурье повышенной сходимости для функций, определенных в данном промежутке», помещенной в № 10 Известий Академии Наук СССР по Отд. матем. и естеств. наук за 1932 г., мною были изложены основы метода получения тригонометрических рядов повышенной сходимости без выделения части, суммирующейся в конечном виде, и приведены первые конкретные результаты применения этого метода (к целым алгебраическим функциям). В настоящей работе дается общий способ осуществления предложенного метода независимо от вида заданной функции.

Для того, чтобы ряд Фурье для периодической функции $F(x)$ имел сходимость порядка не ниже $\frac{1}{k^j}$, требуется, как известно, чтобы эта функция и ее производные до $j-2$-й включительно были непрерывны, а производная $j-1$ порядка была функцией, удовлетворяющей условиям Дирихле. Если функция $f(x)$, определенная в промежутке (a, b), удовлетворяет в нем всем поставленным выше условиям, то для разложения ее в ряд Фурье, имеющий сходимость порядка не ниже $\frac{1}{k^j}$, строим новую функцию $F(x)$, определенную условиями

$$F(x)=\begin{cases} f(x), & \text{если } a \leqslant x \leqslant b \\ \varphi(x), & \text{»} \quad b \leqslant x \leqslant a+2l \end{cases} \tag{1}$$

$$\int_a^{a+2l} F(x)\,dx = 0 \qquad (2)^2$$

[1] Работа выполнена в Ленингр. институте сооружений.

[2] Это условие не является необходимым и введено с целью получить ряды без постоянного члена.

где $2l$ — период, $\varphi(x)$ — произвольная функция, удовлетворяющая в промежутке $(b, a+2l)$ тем условиям, которые поставлены для $f(x)$ в промежутке (a, b), и кроме того, для выполнения тех же условий на концах промежутка $(b, a+2l)$ подчиненная следующим $2(j-1)$ условиям (3) и (4):

$$\left.\begin{array}{c} \varphi(b)=f(b) \\ \varphi'(b)=f'(b) \\ \varphi''(b)=f''(b) \\ \dots\dots\dots \\ \varphi^{(j-2)}(b)=f^{(j-2)}(b) \end{array}\right\} \tag{3}$$

$$\left.\begin{array}{c} \varphi(a+2l)=f(a) \\ \varphi'(a+2l)=f'(a) \\ \varphi''(a+2l)=f''(a) \\ \dots\dots\dots \\ \varphi^{(j-2)}(a+2l)=f^{(j-2)}(a) \end{array}\right\} \tag{4}$$

Ряд, получаемый при разложении $F(x)$, представляет решение поставленной задачи.

Мы видим, что улучшающая функция $\varphi(x)$, ограниченная поставленными выше условиями, остается произвольной в отношении своего вида. В частности, независимо от вида функции $f(x)$ можно брать в качестве $\varphi(x)$ целую алгебраическую функцию. Выполнение условий (2), (3) и (4) трудностей не заключает и требует лишь наличия достаточного числа неопределенных коэффициентов в составе $\varphi(x)$, а именно, при неоднородной системе уравнений (2), (3) и (4) нужны $(2j-1)$-неопределенный коэффициент, а при однородной — $2j$.

Условия (3) удобнее всего учесть при построении функции $\varphi(x)$, приняв последнюю в следующем виде

$$\begin{gathered} \varphi(x)=f(b)+\frac{f'(b)}{1}(x-b)+\frac{f''(b)}{1.2}(x-b)^2+ \\ +\dots+\frac{f^{(j-2)}(b)}{(j-2)!}(x-b)^{j-2}+C_{j-1}(x-b)^{j-1}+C_j(x-b)^j+\dots \end{gathered} \tag{5}$$

Потребное число неопределенных коэффициентов C_{j-1}, C_j при высших степенях бинома $(x-b)$ получается при этом равным j в случае неоднородной и $j+1$ в случае однородной системы уравнений (2) и (4).

Дальнейшее упрощение, заключающееся в понижении степени улучшающей функции, может быть достигнуто, если представить $f(x)$ в виде суммы нечетного $f_1(x)$ и четного $f_2(x)$ слагаемых, беря начало координат в середине промежутка (a, b),

$$f_1(x) = \frac{1}{2}[f(x) - f(-x)] \tag{6}$$

$$f_2(x) = \frac{1}{2}[f(x) + f(-x)] \tag{7}$$

и подвергать разложению в ряд в отдельности нечетную $F_1(x)$ и четную $F_2(x)$ функции, соответствующие функциям $f_1(x)$ и $f_2(x)$.

Для нечетной функции $F_1(x)$ условие (2) удовлетворяется само собою, условия же (1) и (4), а также выражение (5) заменяются следующими

$$F_1(x) = \begin{cases} f_1(x), & \text{если } 0 \leqslant x \leqslant b \\ \varphi_1(x), & \text{»} \quad b \leqslant x \leqslant l \end{cases} \tag{1'}$$

$$\begin{aligned} \varphi_1(l) &= 0 \\ \varphi_1''(l) &= 0 \\ \varphi_1^{(IV)}(l) &= 0 \\ &\cdots\cdots \\ \varphi_1^{(2j_1)}(l) &= 0 \end{aligned} \tag{4'}$$

$$\begin{aligned} \varphi_1(x) &= f_1(b) + \frac{f_1'(b)}{1}(x-b) + \frac{f_1''(b)}{1.2}(x-b)^2 + \\ &+ \ldots + \frac{f_1^{(j-2)}(b)}{(j-2)!}(x-b)^{j-2} + B_{j-1}(x-b)^{j-1} + B_j(x-b)^j + \ldots \end{aligned} \tag{5'}$$

Здесь j_1 — целая часть дроби $\frac{j-2}{2}$, т. е.

$$j_1 = \left[\frac{j-2}{2}\right] \tag{8'}$$

Потребное число коэффициентов B_{j-1}, B_j, при высших степенях бинома $(x-b)$ равно j_1+1 в случае неоднородной и j_1+2 в случае однородной системы уравнений (4').

Для четной функции $F_2(x)$ условия (1), (2) и (4) и выражение (5) заменяется следующими

$$F_2(x) = \begin{cases} f_2(x), & \text{если } 0 \leqslant x \leqslant b \\ \varphi_2(x), & \text{» } b \leqslant x \leqslant l \end{cases} \tag{1''}$$

$$\int_0^l F_2(x)\,dx = 0 \tag{2''}$$

$$\begin{gathered} \varphi_2{}'(l) = 0 \\ \varphi_2{}'''(l) = 0 \\ \varphi_2{}^{(V)}(l) = 0 \\ \dots\dots \\ \varphi^{(2j_2-1)}(l) = 0 \end{gathered} \tag{4''}$$

$$\begin{gathered} \varphi_2(x) = f_2(b) + \frac{f_2{}'(b)}{1}(x-b) + \frac{f_2{}''(b)}{1.2}(x-b)^2 + \\ + \dots + \frac{f_2^{(j-2)}(b)}{(j-2)!}(x-b)^{j-2} + A_{j-1}(x-b)^{j-1} + A_j(x-b)^j + \dots \end{gathered} \tag{5''}$$

Здесь j_2 — целая часть дроби $\frac{j-1}{2}$, т. е.

$$j_2 = \left[\frac{j-1}{2}\right] \tag{8''}$$

Потребное число коэффициентов A_{j-1}, A_j, при высших степенях бинома $(x-b)$ равно j_2+1 в случае неоднородной и j_2+2 в случае однородной системы уравнений (2″) и (4″).

Пример 1. В качестве первого примера рассмотрим разложение функции $f(x)$, имеющей в промежутке $\left(-\frac{l}{2}, \frac{l}{2}\right)$ постоянное значение, равное 1 (пример 1-й из прежней статьи). Ставим условие, чтобы порядок сходимости ряда был бы не ниже $j=4$.

Функция $f(x)$ четная, т. е. (форм. 7)

$$f_2(x) = f(x)$$

На основании равенства (8″) находим

$$j_2 = \left[\frac{4-1}{2}\right] = 1$$

Таким образом, требуется ввести только одно первое из условий (4″), а вместе с условием (2″) всего два условия, для удовлетворения которых достаточно двух неопределенных коэффициентов в составе улучшающей функции $\varphi_2(x)$, так как получающаяся при этом система уравнений есть неоднородная.

Строим улучшающую функцию $\varphi_2(x)$ по формуле (5″). Имеем

$$b = \frac{l}{2}$$

$$f_2(b) = 1$$

$$f_2'(b) = 0$$

$$f_2''(b) = 0$$

$$\varphi_2 = 1 + A_3\left(x - \frac{l}{2}\right)^3 + A_4\left(x - \frac{l}{2}\right)^4$$

Условие (2″) и первое из условий (4″) дают следующую систему уравнений:

$$l + \frac{A_3 l^4}{64} + \frac{A_4 l^5}{160} = 0$$

$$\frac{3A_3 l^2}{4} + \frac{A_4 l^3}{2} = 0$$

Решая ее, получаем

$$A_3 = -\frac{160}{l^3}$$

$$A_4 = \frac{240}{l^4}$$

Итак, улучшающая функция $\varphi_2(x)$ равна

$$\varphi_2(x) = 1 - 160\left(\frac{x}{l} - \frac{1}{2}\right)^3 + 240\left(\frac{x}{l} - \frac{1}{2}\right)^4 =$$

$$= 36 - 240\frac{x}{l} + 600\left(\frac{x}{l}\right)^2 - 640\left(\frac{x}{l}\right)^3 + 240\left(\frac{x}{l}\right)^4,$$

т. е. мы получили ту же самую функцию, что и в прежней работе; однако, здесь потребовалось для ее определения решать систему уравнений с двумя неизвестными вместо пяти при прежнем решении.

Пример 2. Пусть функция $f(x)$ равна $ch\alpha x$ в промежутке $(-b, b)$. Ставим условие, чтобы порядок сходимости ряда был бы не ниже $j = 4$.

Число условий (2″) и (4″) то же, что и в предыдущем примере.

Строим улучшающую функцию $\varphi_2(x)$ по формуле (5''). Имеем

$$f_2(b) = ch\alpha b$$

$$f_2'(b) = \alpha sh\alpha b$$

$$f_2''(b) = \alpha^2 ch\alpha b$$

$$\varphi_2(x) = ch\alpha b + \frac{\alpha sh\alpha b}{1}(x-b) + \frac{\alpha^2 ch\alpha b}{1.2}(x-b)^2 + A_3(x-b)^3 + A_4(x-b)^4$$

Условие (2'') и первое из условий (4'') дают следующую систему уравнений

$$\frac{1}{\alpha} sh\alpha b + ch\alpha b\cdot(l-b) + \frac{\alpha sh\alpha b}{1.2}(l-b)^2 +$$

$$+ \frac{\alpha^2 ch\alpha b}{1.2.3}(l-b)^3 + \frac{A_3}{4}(l-b)^4 + \frac{A_4}{5}(l-b)^5 = 0$$

$$\alpha sh\alpha b + \alpha^2 ch\alpha b\cdot(l-b) + 3A_3(l-b)^2 + 4A_4(l-b)^3 = 0.$$

Решая ее, получаем

$$A_3 = -\left[\frac{10}{(l-b)^3} + \frac{7\alpha^2}{6(l-b)}\right] ch\alpha b - \left[\frac{10}{\alpha(l-b)^4} + \frac{9\alpha}{2(l-b)^2}\right] sh\alpha b$$

$$A_4 = \left[\frac{15}{2(l-b)^4} + \frac{5\alpha^2}{8(l-b)^2}\right] ch\alpha b + \left[\frac{15}{2\alpha(l-b)^5} + \frac{25\alpha}{8(l-b)^3}\right] sh\alpha b$$

Выполняя разложение в ряд, находим следующее общее выражение для коэффициента a_k ряда

$$a_k = 2\left\{\frac{(\alpha l)^4 ch\alpha b}{(k\pi)^3[(k\pi)^2+(\alpha l)^2]} - \frac{15 ch\alpha b}{(k\pi)^5}\left(\frac{l}{l-b}\right)^2\left[12\left(\frac{l}{l-b}\right)^2 + (\alpha l)^2\right] -\right.$$

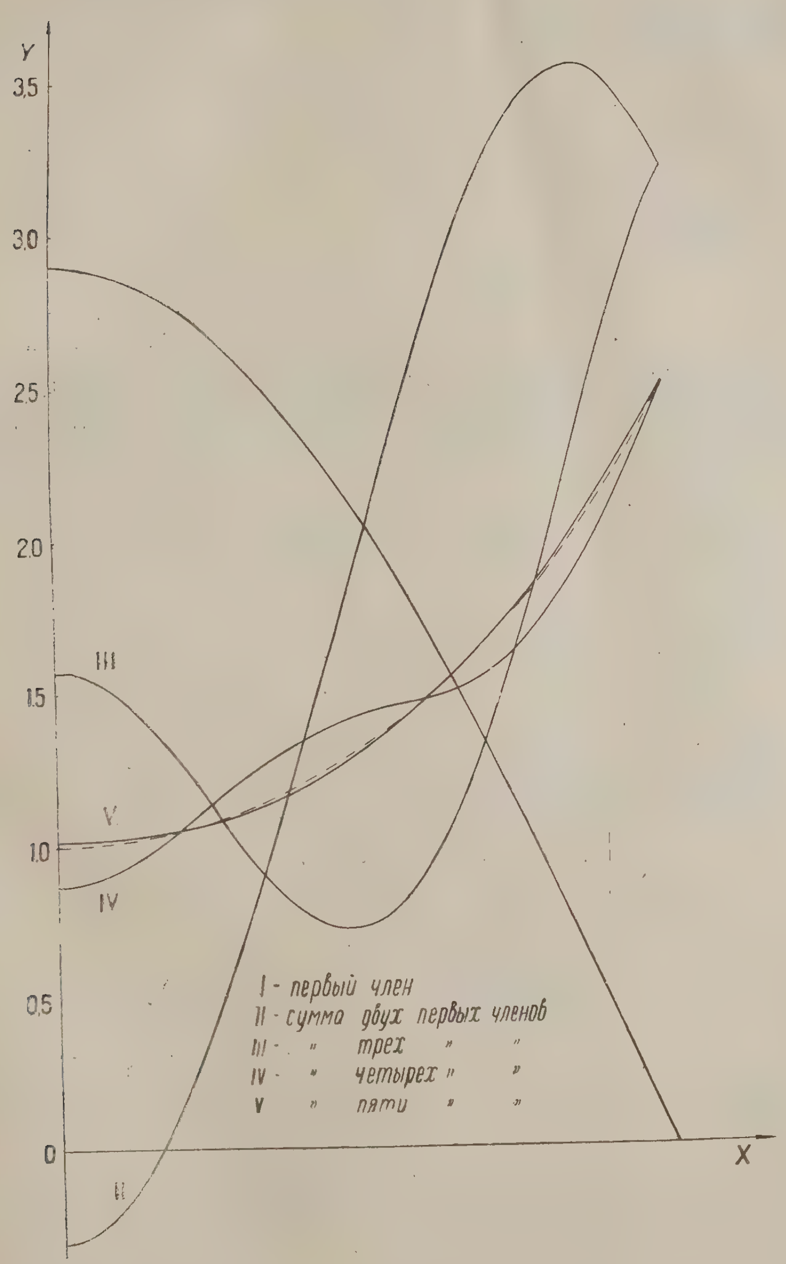
$$\left. - \frac{15 sh\alpha b}{(k\pi)^5 \alpha l}\left(\frac{l}{l-b}\right)^3\left[12\left(\frac{l}{l-b}\right)^2 + 5(\alpha l)^2\right]\right\}\sin\frac{k\pi b}{l} -$$

$$-2\left\{\frac{(\alpha l)^3 sh\alpha b}{(k\pi)^2[(k\pi)^2+(\alpha l)^2]} + \frac{ch\alpha b}{(k\pi)^4}\cdot\frac{l}{l-b}\left[60\left(\frac{l}{l-b}\right)^2 + 7(\alpha l)^2\right] +\right.$$

$$\left. + \frac{sh\alpha b}{(k\pi)^4 \alpha l}\left(\frac{l}{l-b}\right)^2\left[60\left(\frac{l}{l-b}\right)^2 + 27(\alpha l)^2\right]\right\}\cos\frac{k\pi b}{l} +$$

$$+ \frac{16(-1)^{k+1}}{(k\pi)^4}\left\{ch\alpha b\cdot\frac{l}{l-b}\left[15\left(\frac{l}{l-b}\right)^2 + (\alpha l)^2\right] +\right.$$

$$\left. + \frac{sh\alpha l}{\alpha l}\left(\frac{l}{l-b}\right)^2\left[15\left(\frac{l}{l-b}\right)^2 + 6(\alpha l)^2\right]\right\}$$


Y
3,5
3,0
2,5
2,0
1,5
1,0
0,5
0
X
III
V
IV
II
I - первый член
II - сумма двух первых членов
III - " трех " "
IV - " четырех " "
V " пяти " "

Фиг. 1.

Например, при $\alpha = \frac{\pi}{l}$ и $b = \frac{l}{2}$ имеем

$$a_k = \frac{2}{\pi^4 k^4}\left\{\frac{1}{k}\left[\left(\frac{\pi^3}{1+\frac{1}{k^2}} - \frac{2880}{\pi} - 60\pi\right) ch\frac{\pi}{2} - \frac{120}{\pi^2}(48+5\pi^2)\, sh\frac{\pi}{2}\right]\sin\frac{k\pi}{2} - \right.$$

$$-\left[\left(\frac{\pi^3}{1+\frac{1}{k^2}} + 480 + 14\pi^2\right) ch\frac{\pi}{2} + \frac{12}{\pi}(80+9\pi^2)\, sh\frac{\pi}{2}\right]\cos\frac{k\pi}{2} +$$

$$\left. + 16(-1)^{k+1}\left[(60+\pi^2)\, ch\frac{\pi}{2} + \frac{12}{\pi}(10+\pi^2)\, sh\frac{\pi}{2}\right]\right\}.$$

Подставляя сюда численные значения постоянных величин и отделяя нечетные гармоники от четных путем введения вместо k соответственно индексов $2n-1$ и $2n$, представляем ряд $F_2(x)$ в следующем виде

$$F_2(x) = \frac{1}{(2n-1)^4}\left\{\frac{(-1)^{n+1}}{2n-1}\left[\frac{1.59739}{1+\frac{1}{(2n-1)^2}} - 112.86533\right] + \right.$$

$$\left. + 114.97091\right\}\cos\frac{(2n-1)\pi x}{l} -$$

$$-\frac{1}{(2n)^4}\left\{(-1)^n\left[\frac{1.59739}{1+\frac{1}{(2n)^2}} + 62.31754\right] + 114.97091\right\}\cos\frac{2n\pi x}{l}$$

Приводим значения первых десяти коэффициентов ряда.

$a_1 = 2.90429 \qquad a_2 = -3.21097$

$a_3 = 1.87794 \qquad a_4 = -0.69841$

$a_5 = 0.14833 \qquad a_6 = -0.03943$

$a_7 = 0.05451 \qquad a_8 = -0.04367$

$a_9 = 0.01564 \qquad a_{10} = -0.00511$

На фиг. 1 изображено суммирование пяти первых гармоник.

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК СССР. 1933
BULLETIN DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'URSS

Classe des sciences mathématiques et naturelles — Отделение математических и естественных наук

ПЕРЕКИСИ И НАДКИСЛОТЫ ГАЛОИДОВ

Л. В. ПИСАРЖЕВСКОГО

Определение строения перекисей и надкислот имело в свое время очень важное значение, так как послужило подтверждением правильности той законности, по которой максимальная валентность элемента по кислороду (положительная валентность) равна номеру группы периодической системы.

Исследование подобных соединений показало, что перекиси металлов это — соли перекиси водорода; надкислоты же являются смешанными ангидро-кислотами, строение молекул которых легко себе представить, выделяя молекулы воды из молекул какой-либо кислоты, с одной стороны, и молекул перекиси водорода — с другой.[1]

К соединениям типа перекисей и надкислот вероятно относятся и открытые в 1923 г. Гомбергом[2] четырехокиси хлора и иода и кислота $HClO_5$. В пользу такого предположения говорят способы их получения и их реакции, особенно если разбирать механизм этих реакций с развиваемой мною точки зрения о строении анионов кислородных кислот, как состоящих из отрицательных ионов кислорода и положительных ионов металлоида, анион образующего.

Четырехокись хлора получается при действии иода на раствор в эфире серебряной соли хлорной кислоты. При этом находящиеся в растворе ионы ClO_4^{I} отдают по одному электрону каждый атомам иода:

$$\begin{matrix} O \\ O \\ O \end{matrix}\!\!\gtrdot Cl^{\vee} - {}'O' + J_2 + {}'O' - {}^{\vee}Cl \lessdot\!\!\begin{matrix} O \\ O \\ O \end{matrix} \rightarrow 2J' + \begin{matrix} O \\ O \\ O \end{matrix}\!\!\gtrdot Cl^{\vee} - {}'(O_2)' - {}^{\vee}Cl \lessdot\!\!\begin{matrix} O \\ O \\ O \end{matrix}$$

Эти анионы, потеряв свои электроны, соединяются друг с другом как потерявшие свои электроны при электролизе анионы серной кислоты соеди-

[1] П. Меликов и Л. Писаржевский. Исследования над перекисями. Зап. Акад. Наук., 1900, т. IX, № 8. — Л. Писаржевский. Перекиси и надкислоты. Дисс. Одесса, 1902.

[2] F. Ephraim. Anorg. Chem., 1929, 4. Aufl., S. 325.

няются, давая молекулу надсерной.[1] Потерявшие электроны анионы хлорной кислоты, соединяясь таким же образом, образуют в молекуле полученной при этом четырехокиси хлора $(ClO_4)_2$ перекисноводородную группировку атомов кислорода. Обладающее таким строением, выведенным из реакции его получения, соединение должно быть ангидридом некоторой надкислоты, подобно ангидриду надсерной кислоты S_2O_7, обладающему аналогичным строением. $(ClO_4)_2$ должна быть смешанным ангидридом кислоты и надкислоты, что и доказывается взаимодействием ее с водой, при котором получаются кислоты: $HClO_4$ и $HClO_5$. Взаимодействие, очевидно, протекает по уравнению:

$$\begin{array}{lcl} \begin{matrix}O\\O\\O\end{matrix}\!\!>\!Cl^{\smile}-{}'(O_2)'-{}^{\smile}Cl\!<\!\!\begin{matrix}O\\O\\O\end{matrix} & \longrightarrow & H^{\smile}-{}'O'-Cl\!<\!\!\begin{matrix}O\\O\\O\end{matrix} + H^{\smile}-{}'(O_2)'-{}^{\smile}Cl\!<\!\!\begin{matrix}O\\O\\O\end{matrix} \\ + & & \quad\downarrow\uparrow \qquad\qquad\qquad\qquad \downarrow\uparrow \\ H^{\smile}-{}'O'H^{\smile} & & H^{\smile}+{}'O'-{}^{\smile}Cl\!<\!\!\begin{matrix}O\\O\\O\end{matrix}, \quad H^{\smile}+{}'(O_2)'-{}^{\smile}Cl\!<\!\!\begin{matrix}O\\O\\O\end{matrix} \end{array}$$

При этом одна из полученных кислот $(HClO_5)$ должна содержать группировку атомов кислорода, как в перекиси водорода. Это настоящая надкислота, — надхлорная кислота.

Четырехокись хлора может существовать и в виде простых молекул:

$$(ClO_4)_2 \rightleftarrows 2ClO_4.$$

Если мы изобразим этот процесс формулами строения:

$$\begin{matrix}O\\O\\O\end{matrix}\!\!>\!Cl^{\smile}-{}'(O_2)'-{}^{\smile}Cl\!<\!\!\begin{matrix}O\\O\\O\end{matrix} \rightleftarrows 2O'-{}^{\smile}Cl\!<\!\!\begin{matrix}O\\O\\O\end{matrix}$$

то увидим, что должны допустить существование остатков анионов, — анионов, потерявших свои зарядные электроны.

Это — аналоги нейтральных гидроксилов $O'H^{\smile}$, существующих в свободном состоянии. Кислородные ионы нейтральных гидроксилов обладают только одним электроном, поэтому гидроксилы не имеют отрицательного заряда и этим отличаются от гидроксильных ионов ${}'O'H^{\smile}$.

Они должны обладать стремлением соединяться друг с другом. Один из валентных электронов атома кислорода (при образовании O') спарен

[1] Полученные ионы иода с имеющимися в растворе ионами серебра дают, конечно, осадок иодистого серебра.

с электроном атома водорода, другой же его валентный электрон остается непарным. Эти непарные электроны кислородных ионов двух гидроксилов должны стремиться образовать пару. Энергетический подсчет это подтверждает: соединение двух гидроксилов в молекулу перекиси водорода должно сопровождаться большим выделением энергии:[1]

$$2O'H^{\breve{}} \rightarrow H^{\breve{}} - {}'(O:O)' - H^{\breve{}} + 48 \text{ бол. кал.}$$

С точки зрения электронно-ионного строения молекул простые молекулы четырехокиси хлора (как и четырехокиси иода) имеют такое же право на существование, как и нейтральные гидроксилы.

Эти, подобные нейтральным гидроксилам, молекулы четырехокиси хлора должны обладать меньшим стремлением к соединению, чем гидроксилы при соединении в молекулы перекиси водорода. Стремлению к соединению в двойные молекулы перекисного типа будут больше противодействовать отталкивающие друг друга семизарядные ионы хлора, чем однозарядные ионы водорода. Поэтому будет больше прав на свободное существование у $O' - {}^{\breve{}}ClO_3$, чем у $O'H^{\breve{}}$, и теплота соединения простых молекул четырехокиси в двойные должна быть значительно меньше, чем теплота соединения двух $O'H^{\breve{}}$ в H_2O_2.

Четырехокись хлора присоединяется к металлам, образуя соли хлорной кислоты, Очевидно, этот процесс идет по уравнению:

$$O_3Cl^{\breve{}} - {}'(O_2)' - {}^{\breve{}}ClO_3$$

$$\downarrow\uparrow$$

$$2O_3Cl^{\breve{}} - {}'O + Zn \rightarrow \begin{matrix} O \\ O \\ O \end{matrix} \!\!\equiv\! Cl^{\breve{}} - {}'O' - {}^{\breve{}}Zn^{\breve{}} - {}'O' - {}^{\breve{}}Cl \!\equiv\!\! \begin{matrix} O \\ O \\ O \end{matrix}$$

Здесь атомы цинка отдают свои валентные электроны однозарядным ионам кислорода простых молекул четырехокиси хлора, превращая их в анионы хлорной кислоты. Полученные при этом положительные ионы цинка соединяются с этими анионами в молекулы цинковой соли хлорной кислоты.

Приведенное в этой заметке рассмотрение реакций четырехокиси хлора с несомненностью доказывает, что $HClO_5$ является надкислотой, —

[1] Подсчет этот помещен в моей статье: «К теории гетерогенного катализа», напечатанной в Изв. Акад. Наук СССР, 1933, № 4, стр. 571, и в ранее напечатанной в Журн. Ф.-Х. общ., LXI (1929), 1609, статье: «К вопросу о механизме катализа металлами и металлическими окислами».

надхлорной кислотой, такой же смешанной ангидро-кислотой, как и другие давно известные надкислоты:

$$H\breve{\ } - {}'(O:O)' - H\breve{\ } + H\breve{\ } - {}'O' - \breve{\ }Cl\begin{matrix} \nearrow O \\ = O \\ \searrow O \end{matrix} \rightarrow H\breve{\ } - {}'(O:O)' - \breve{\ }Cl\begin{matrix} \nearrow O \\ = O \\ \searrow O \end{matrix} + H_2O$$

Четырехокись же хлора в виде двойных своих молекул Cl_2O_8 представляет собою смешанный ангидрид хлорной $HClO_4$ и надхлорной $HClO_5$ кислот, т. е. опять-таки является соединением перекисного типа.

Между прочим название для $HClO_4$: Überchlorsäure или Perchlorsäure и для солей ее: Perchlorate, очевидно, совершенно не подходит. Так должны называться: $HClO_5$ и ее соли.

Четырехокись иода, получаемая при действии иода на четырехокись хлора, обладает таким же составом и, очевидно, таким же строением, что и последняя. В виде двойных молекул четырехокись иода также, очевидно, соединение перекисного типа.

Хлор и иод в своих четырехокисях и хлор в $HClO_5$ остаются, таким образом, семивалентными, и наиболее резко выраженные металлоиды, — галоиды обладают, как и другие металлоиды, способностью образовать настоящие надкислоты и ангидриды перекисного типа.

Украинский институт физической химии
Днепропетровск
15 II 1933 г.

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК СССР. 1933
BULLETIN DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'URSS
Classe des sciences mathématiques et naturelles
Отделение математических и естественных наук

МАТЕРИАЛЫ ПО МИНЕРАЛОГИИ КАССИТЕРИТА И НЕКОТОРЫХ ДРУГИХ ПЕГМАТИТОВЫХ И ПНЕВМАТОЛИТИЧЕСКИХ МИНЕРАЛОВ

Б. Н. АРТЕМЬЕВА

(*Представлено академиком* **А. Е. Ферсманом**)

До самого последнего времени как в общих руководствах по минералогии и физиографии минералов, так и в отдельных их описаниях авторы ограничиваются лишь всесторонним выявлением физико-химических свойств отдельных представителей минерального царства: кристаллографических форм, оптических констант, цвета, твердости, химического состава и пр. Такие чисто морфологические описания нередко даются без отчетливой увязки с соответствующими процессами лито- и металлогенезиса.

А между тем, бурное развитие молодой, и пока что переживающей героический период дисциплины — геохимии — нам все с большей и большей убедительностью говорит не только о строгой функциональной зависимости физико-химического облика минералов от момента и места их кристаллизации в общем развитии процессов породо- и рудообразования, но и о том, что эти физико-химические свойства у одних и тех же минералов в разные моменты литогенезиса изменяются, причем это изменение в такой же мере является закономерным, как закономерной является эволюция форм видов ископаемой фауны в разные моменты истории органической жизни на земном шаре. И как многие ископаемые органические формы являются маркирующими тот или иной стратиграфический горизонт, т. е. являются для него руководящими, так и ряд минералов (иногда самый факт их наличия, а чаще — отдельные изменения их физико-химического облика) являются маркирующими ту или иную стадию или фазу лито- или металлогенезиса. Для таких минералов все более и более укореняется

термин «типоморфных», впервые введенный Cissarz'ом,[1] и вполне отвечающий понятию «руководящие ископаемые» (Leitfossilien) в палеонтологии.

На настоящий момент, работы, в которых изучение физико-химических свойств минералов ведется под углом зрения методов геохимического анализа — весьма немногочисленны, не говоря уже о том, что какие-либо сводные работы в этом направлении вообще отсутствуют. В качестве приложения, в конце данной работы, я привожу список главнейшей литературы по вопросам типоморфизма минералов — почти исключительно на немецком языке, поскольку вообще методы геохимического анализа процессов лито- и металлогенезиса, пока-что, в значительной степени являются продуктом немецкой ученой мысли. Из более старых работ этого порядка нужно назвать работы Maucher'а (вопросы общего характера, касситерит, берилл), а из литературы последних лет — работы Cissarz'а (общие вопросы типоморфизма), Kunitz'а (слюды, турмалин), Jakob'а (слюды) и Ahlfeld'а (касситерит). На русском языке литература, затрагивающая в той или другой степени вопросы типоморфизма ограничивается работами акад. В. И. Вернадского (берилл, редкие земли и радиоактивные минералы) и несколькими монографиями и статьями геохимического характера акад. А. Е. Ферсмана, в которых он неизменно уделяет вопросам типоморфизма серьезное внимание. В своей последней работе «Пегматиты» А. Е. Ферсман дает также первую краткую сводную характеристику 70 главных типоморфных минералов пегматитового и пневматолитического процессов.

В течение последних пяти лет мне пришлось довольно детально познакомиться с рядом пегматитовых и пневматолитических рудных месторождений, главным образом в Забайкальи и отчасти — на Урале, на Алтае и в Казакстане. В результате этого ознакомления накопился материал по вопросам типоморфных особенностей некоторых пегматитовых и пневматолитических минералов — главным образом касситерита. Настоящая статья представляет собою лишь отдельные выводы из этого материала, требующего и серьезного пополнения и тщательной проработки, для того, чтобы его можно было во всем объеме представить вниманию читателя.

В заключение мне хотелось бы указать на то, что знание типоморфных особенностей многих минеральных видов имеет не только определенное теоретическое значение для понимания ряда деталей течения процессов

[1] Cissarz. Übergangslagerstätten innerhalb der intrusiv magmatischen Abfolge. Th. I. Zinn, Wolfram und Molibdänformationen. N. Jahrb. f. Miner. u. s. w., 1927, LVI, Beil-Bd., Abt. A, № 1, S. 93—184; № 2, S. 185—274.

лито- и металлогенезиса, но и значительную практическую ценность. Так, зная типоморфные особенности касситерита или вольфрамита месторождений различных генетических типов, мы по морфологическим особенностям касситерита или вольфрамита в шлихах того или иного района — заранее будем в состоянии решить вопрос о том, какому типу месторождений принадлежат коренные источники оруденения. Если этот тип промышленно является благонадежным, мы заранее будем знать, в каком направлении нужно вести его поиски, а в противном случае — мы сразу же будем иметь основание решить отрицательно вопрос о поисковых работах на коренные источники оруденения, поскольку в отношении их возможного промышленного значения заранее может быть дан неблагоприятный геологический прогноз. Точно так же напр. изучение типоморфных особенностей монацита, промышленная ценность которого находится в прямой зависимости от степени его ториеносности — даст возможность определить ту фазу пегматитового процесса, с которой связаны наиболее ториеносные разновидности монацита.

Вышеприведенных двух примеров достаточно для освещения вопроса о том, в какой мере проблема типоморфизма может быть непосредственно использована при поисках и разведках рудных месторождений — в данном случае пегматитового и пневматолитического типов.

1. Касситерит

Касситерит является характерным «проходящим»[1] минералом, т. е. выпадающим из расплава или раствора на протяжении нескольких фаз пегматитового и пневматолитического процессов. Начало выделения касситерита из расплава по наблюдениям автора — не позднее конца пегматитовой стадии (конец фазы схемы Ферсмана — переход от письменных пегматитов к грубозернистым); продолжается выделение в течение всей пневматолитической стадии; конец — уже несомненно выпадение из растворов в пределах одной из гидротермальных фаз.

Неясным остается до настоящего момента вопрос о наличии касситерита в форме первичных акцессорий в гранитных или же ранних шлировых выделениях (фаза А. Е. Ферсмана). Имеются указания на весьма ничтожную оловоносность некоторых гранитов. Так, согласно данным J. Scrivenor'a[2] три пробы промывкой значительных масс измельченного порфировидного гранита района Gunong Bakau на Малайском полуострове

[1] По терминологии Schneiderhohn'a.

[2] J. B. Scrivenor. The Geology of Malayan ore deposits, London, 1928, p. 32.

дали содержание SnO_2 0.00034%, 0.000065% и 0.000087%. Возможно, что присутствие в некоторых шлихах мелких (обычно микроскопических) зерен и кристаллов касситерита (резко идиоморфных, обычно не двойниковых, повидимому, с пирамидальным габитусом с темной окраской) надо отнести за счет такой ничтожной оловоносности гранита, либо в виде первичных акцессорий касситерита или же в форме включений в ранних шлировых выделениях.

Для сравнения данных по типоморфным особенностям касситерита месторождений Забайкалья и некоторых других районов СССР с данными заграничных наблюдений, считаю полезным привести здесь две немецких классификации, ставящие различные кристаллографические формы касситерита в зависимость от температуры его выделения.

W. Maucher[1] (1914) различает следующие типы:

Касситерит I a (цинвальдский тип). Обычно двойниковые, пирамидальные или короткостолбчатые кристаллы пневматолитической фазы.

Касситерит I b (игольчатый тип) обычно простые, богатые плоскостями кристаллы контактовых месторождений.

Касситерит II (тип деревянистого олова) образуется в фазу коллоидов.

В 1931 г. F. Ahlfeld'om[2] на основании изучения касситерита более чем 40 боливийских месторождений олова, представляющих собою все главные генетические типы, установлена следующая серия типов касситерита.

Тип I, пегматитовый. Габитус пирамидальный (111) и (101). Обычно одиночные кристаллы, однако нередки и двойники (101).

Тип II, пневматолитический. Габитус короткостолбчатый (110) и (100), обычно вместе с (111). Часто наблюдается богатство форм. Почти всегда двойники.

Тип III, гидротермальный-гипотермальный. Габитус короткостолбчатый — до призматического (110), (111). Простые кристаллы.

Тип IV, гидротермальный мезотермальный. Габитус шестоватый (110) и (111).

Тип V, гидротермальный эпитермальный. Мелкокристаллические (до скрытокристаллических) формы. (Кристаллизация из гелей).

[1] W. Maucher. Leitfaden für den Geologie. Unterricht an Berg und Hüttenschulen, Freiberg, 1914.

[2] F. Ahlfeld. Über Tracht und Genesis des Zinnsteines. Forschr. Miner. etc., 1931, Bd. XVI, S. 47—49.

Тип VI, гипергенный. Продукты разложения станнатов и станнитов. Мелкокристаллические формы, не поддающиеся кристаллографическому определению.

Мои личные наблюдения в отношении типоморфных особенностей касситерита, основанные главным образом на Забайкальском материале, сводятся к следующему.

Наиболее высокотемпературные формы касситерита, связанные с пегматитовыми и пегматоидными фазами магматического процесса — (фазы С — Е схемы Ферсмана), характеризуются рядом совершенно специфических особенностей. Чем высокотемпературнее в данном случае касситерит, т. е. чем ранее он выделился в процессе кристаллизации пегматитового расплава (усложняемом при этом врывающимися явлениями пневматолиза), тем темнее его окраска. У наиболее высокотемпературных форм (Марианнинское месторождение — граница фаз С и D), она доходит почти до черной, со смоляным, иногда полуметаллическим блеском в изломе. Цвет черты и порошка — отчетливо окрашенный — светло шоколадно-коричневый цвет разных оттенков. Характер зерен — обычно отчетливо идиоморфный, за исключением тех случадв, когда зерна вкраплены в микроклине грубозернистого пегматита (Марианнинское месторождение — конец фазы С). В этом случае зерна касситерита ксеноморфны. В том случае, когда имеются естественные грани, то у наиболее высокотемпературных форм они матовые, что вероятно нужно отнести за счет коррозии при последующих явлениях пневматолиза во время дальнейшего развития процесса кристаллизации данного пегматитового расплава. Размеры отдельных зерен и кристаллов — обычно макроскопические — порядка целых миллиметров и до 2—3 см. Нередки отдельные зерна касситерета значительной величины.

В тех случаях, когда касситерит пегматитовой стадии представлен в отчетливо-кристаллических формах, преобладает пирамидальный габитус. Наличие короткостолбчатых форм, точно так же, как и двойников — весьма редко. В этом отношении наблюдавшиеся мною формы кристаллизации касситерита пегматитовой стадии (М. Кулиндинское и Завитинское месторождения, находки касситерита в Борщевочном хребте) вполне отвечают касситериту типа I Ahfeld'a.

Однако, наряду с пирамидальными формами, изредка наблюдались (Завитинское месторождение — район штольни № 4) также шестоватые и игольчатые кристаллы касситерита, длиною до 40 мм, при поперечном сечении от 1×1 до 2×2 мм. Подобный же игольчатый касситерит мне

известен по материалам Г. Л. Вазбуцкого из Былиринского пегматитового месторождения оловянного камня.

В виду наличия в данном случае противоречия с типовыми формами Ahfeld'а, мною было произведено более тщательное изучение шестоватых кристаллов Завитинского месторождения. В результате этого изучения выяснилось, что наблюдавшиеся «призматические» формы — образованы гранями пирамиды I рода (111), причем четыре грани вытянуты вдоль своих ребер, в силу чего они имеют преимущественное перед другими четырьмя гранями развитие, придавая кристаллу облик псевдоромбических, а иногда псевдомоноклинных призм. Описываемая форма иногда усложняется наличием граней призмы первого рода (110), см. фиг. 1. У этих своеобразных форм наблюдаются иногда и двойники по пирамиде II рода (101). Таким образом описываемые «призматические» кристаллы касситерита по существу также образованы пирамидальными гранями, почему они с полным правом также должны быть отнесены к касситериту I типа Ahlfeld'а.

Считаю необходимым отметить, что подобные же псевдоромбические и псевдомоноклинные формы высокотемпературного касситерита, образованные гранями (111) встречаются в некоторых южноафриканских пегматитовых месторождениях. Так, в пегматитовом месторождении Embaaban района Ryan Tin Works[1] (Swaziland, Ю. Африка) большинство кристаллов касситерита характеризуется наличием лишь пирамидальных граней, из которых четыре получают преимущественное развитие, так что кристаллы имеют габитус длинных узких призм.

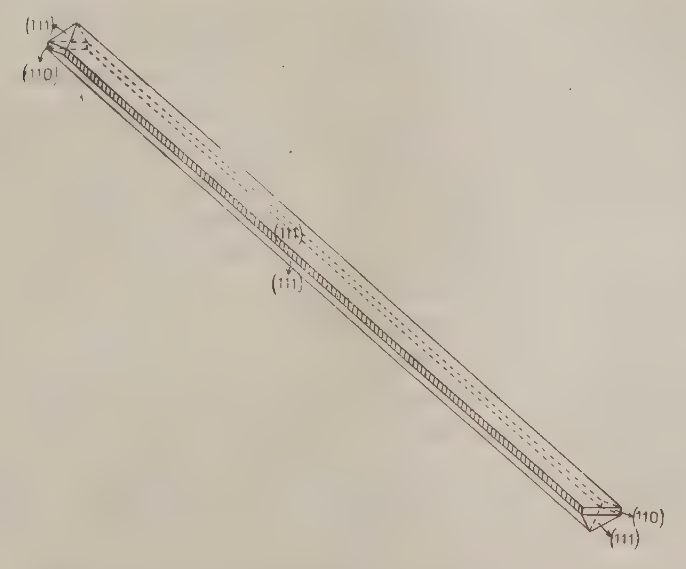
В отношении оптических особенностей высокотемпературных форм касситерита пегматитовых месторождений, необходимо отметить следующее: во всех курсах минералогии, а также в специальных описаниях оптических констант минералов, отмечается, что явления плеохроизма у касситерита (по крайней мере отчетливо выраженные) наблюдаются довольно редко. Фактический материал по Забайкалью показывает, что высокотемпературные формы касситерита обладают весьма сильным плеохроизмом (n_g — краснокоричневый цвет до кофейнокоричневого: n_p — зеленоватожелтый) $n_g > n_p$. Плеохроизм нередко сопровождается зонарной структурой.

Аналитическое изучение касситерита пегматитовых месторождений Забайкалья приводит к выводу о постоянном содержании танталовой

[1] A. F. Molengraaff. Annual Report of the State Geologist of the South African Republic for 1897; Дреферат. Zinnsteinvorkommen in Swaziland. Ztschr. f. prakt. Geol., 1900, S. 146—147.

и ниобиевой кислот, причем содержание $Ta_2O_5 + Nb_2O_5$ для наиболее высокотемпературных форм доходит до 3.88%, с преобладанием танталовой кислоты. При этом удельный вес высокотемпературных форм касситерита, повидимому, несколько выше, по сравнению с формами более низкотемпературными. Для Завитинского месторождения касситерита он определяется цифрой 7.12.

Характерная генетическая форма рудных тел для данного вида касситерита — пегматиты, причем наиболее высокотемпературный касситерит



Фиг. 1. Неравномерно развитый пирамидальный кристалл касситерита Завитинского месторождения. Тип. I по Ahlfeld'у. Увел. в 3 раза.

связан с грубозернистыми кварцево-микроклиновыми пегматитами и приурочен к микроклину (Марианнинское месторождение), более же низкотемпературный касситерит приурочен к грейзенизированным пегматитам (Завитая, Борщевочный кряж). Наиболее типичный парагенезис для касситерита пегматитовой стадии: сначала микроклин фаза (C — D), а далее — тантало-колумбит (D — E), марганцовый гранат (E) и, наконец, светлые слюды типа мусковита.

Однако, наиболее распространенной формой касситерита, связанной с громадным большинством крупных месторождений, является все же следующая — более низкотемпературная форма, приуроченная к кварцевым пневматолитическим жилам, и укладывающаяся в фазы Ė (конец),

F и G геохимической схемы Ферсмана. Эта фаза, изученная пока что главным образом по Ононскому месторождению и отчасти по месторождению Этыка в Забайкальи, характеризуется признаками, уже отличающимися от признаков касситерита пегматитовых месторождений.

Так, окраска — отчетливо светлее, чем у касситерита пегматитовых месторождений. Преобладают кофейнокоричневые и бурые тона, причем при наличии двух генераций касситерита (Ононское месторождение), последующая генерация характеризуется более светлым оттенком. Цвет черты и порошка — отчетливо светлее, чем у предшествующей группы. Более низкотемпературные генерации характеризуются также большей прозрачностью и наличием хорошо выраженных естественных граней, обладающих сильным алмазовидным блеском (II генерация касситерита Ононского месторождения). В изломе — характерен жирный блеск. Габитус, характерный для этой формы касситерита — короткостолбчатый. Отмечается богатство гранями и — в громадном большинстве случаев — двойники. В этом отношении касситерит рассматриваемой группы вполне совпадает с касситеритом типа II Ahlfeld'a.

Размеры отдельных кристаллических зерен и кристаллов — всегда порядка целых миллиметров, часто — сантиметров. Наблюдаются также и значительные по величине кристаллические зерна. Касситерит пневматолитических фаз в виде микроскопических включений — редок. Более низкотемпературные формы данной группы (II генерация) месторождений Ононского, Этыка и Минчинкур в Казакстане характеризуются уменьшением средней величины зерен и кристаллов, спускающейся уже до 3 и 2 мм. Зонарная структура для касситерита пневматолитических фаз менее ярко выражена. Плеохроизм менее интенсивный. Кроме краснокоричневых и кофейнокоричневых тонов по n_p, наблюдается иногда интенсивная лимонножелтая окраска. Содержание Ta_2O_5 и Nb_2O_5 для касситерита пневматолитических стадий ниже, чем для пегматитовых месторождений. Так, для Ононского суммарное содержание $Ta_2O_5 + Nb_2O_5$ определяется равным 0.54% для первой генерации. Удельный вес — также несколько ниже (см. таблицу).

Для касситерита пневматолитической стадии наиболее характерной формой рудных тел являются кварцевые жилы, на границе между пневматолитической и гидротермальной стадиями, обогащающиеся пиритом. Наиболее характерный парагенезис — светлые слюды типа цинвальдита, далее флюорит, и, наконец — для более низкотемпературных форм — сульфиды: пирит, халькопирит, цинковая обманка и свинцовый блеск.

Еще более низкотемпературная форма касситерита (связанная с термальными фазами) по своим физико-химическим свойствам обладает опять рядом специфических черт, достаточно отчетливо отличающих его от касситерита, связанного с пегматитовой и пневматолитической стадиями магматического процесса.

Так, цвет касситерита гидротермальных стадий (отчасти Ханчерангинское и Смирновское месторождения), обычно колеблется в пределах между светлобурыми, лимонножелтыми и до почти бесцветных — тонами. В общем опять-таки, чем более низкотемпературен касситерит, тем светлее его окраска. Цвет черты или порошка уже теряет светлошоколадный оттенок и имеет светлосерые тона, и до бесцветного (для порошка — белого). Алмазный блеск — особенно интенсивен на естественных гранях, однако, он отчетливо проявляется и в изломе. В большинстве случаев — или мелкие кристаллические зерна или же великолепно ограненные мелкие и микроскопические кристаллы, чаще столбчатые и шестоватые, реже короткопризматические (для более высокотемпературных форм напр. Ханчеранга). Двойники наблюдаются значительно реже по сравнению с предыдущей группой. Размеры зерен и кристаллов — в громадном большинстве случаев не выше 2—3 мм, обычно же — порядка десятых, и иногда сотых миллиметра. В лучшем случае лишь следы плеохроизма (несколько более темная окраска по n_p без изменения оттенка). Зонарная структура отсутствует. В общем касситерит известных мне забайкальских термальных оловорудных месторождений хорошо укладывается в типы III и IV Ahlfeld'a, и отчасти переходный между II и III типами.

Характерным для забайкальского касситерита гидротермальной стадии обстоятельством является незначительное содержание $Ta_2O_5 + Nb_2O_5$, а также еще несколько меньший удельный вес по сравнению с предыдущей — пневматолитической стадией.

Термальные формы касситерита связаны с кварцево-сульфидными и сульфидными рудными телами, причем характерными парагенетическими спутниками являются сульфиды (Fe, Cu, Zn и Pb).

В общем, данные изучения химического состава, а также удельного веса касситерита Забайкальских месторождений разных генетических типов могут быть сведены таблицу, помещенную здесь на стр. 1134.

Таким образом, данные о касситерите как типоморфном минерале, на основании Забайкальского материала, можно резюмировать следующим образом:

Цвет, блеск, черта, степень прозрачности. У более высокотемпературных форм (пегматитовая стадия) — темные тона, почти до черного. Смолистый на изломе и металловидный на кристаллических плоскостях тусклый блеск. Отчетливо выраженная черта светлошоколадно-коричневых тонов. Чем более низкотемпературен касситерит, тем светлее окраска и тем живее блеск, переходящий у наиболее низкотемпературных форм в сильно алмазовидный. Окраска черты или порошка — также соответственно понижается у низкотемпературных форм. Касситерит пегматитовой стадии — непрозрачен. Просвечивающие формы касситерита — пневматолитической стадии. Полная прозрачность — низкотемпературного касситерита.

№ по пор.	Месторождение	Стадия	Содержание $Ta_2O_5 + Nb_2O_5$	% отношение между		Удельный вес
				Ta_2O_5	Nb_2O_5	
1	М. Кулиндинское . . .	Пегматитов.	3.88	60	40	опр. нет
2	Марианнинское	»	3.80	опр. нет	опр. нет	» »
3	Завитинское	»	2.57	» »	» »	7.12
4	Россыпь Апрелковских промыслов. Борщевочный кряж	»	1.57	» »	» »	опр. нет
5	Ононское, I генерация .	Пневматолитическ.	0.57	67	33	6.96
6	II » .	»	0.47	57	43	6 80
7	Ханчерангинское . . .	Гидротермальная	0.37	54	46	6.77

Примечание: № 1 — определение Ta_2O_5 и Nb_2O_5 Геохимической лаборатории Академии Наук И. Д. Старынкевич-Борнеман
№№ 2—7 определения Ta_2O_5 и Nb_2O_5 лаборатории Забайкальской оловянной партии Е. В. Константинова.
Определения удельного веса — Б. Н. Артемьева.

Характер зерен, кристаллизация. Размеры зерен. Ксеноморфные зерна в наиболее высокотемпературных формах пегматитовой стадии (выделения SnO_2 в микроклине грубозернистого пегматита). Во всех других случаях — развит идиоморфизм. Макроскопические зерна и кристаллы для пегматитовых месторождений и более высокотемпературных фаций пневматолитической стадии металлогенезиса. Уменьшение величины зерен и кристаллов для более низкотемпературных фаз. Преимущественно микроскопические размеры в гидротермальной стадии.

Особенности кристаллических форм. Преимущественно пирамидальный габитус кристаллов у касситерита пегматитовой стадии (или псевдопризматические формы, образующиеся вследствие неравномерного развития пирамидальных граней). Короткопризматические формы в пневматолитической стадии. Преимущественно призматические, шестоватые и игольчатые формы кристаллов касситерита гидротермальной стадии. Преимущественно двойниковые кристаллы в пневматолитической стадии и обычно простые кристаллы в стадиях пегматитовой и гидротермальной.

Оптические данные. Резко выраженный плеохроизм у касситерита пегматитовой и более высокотемпературных фаз пневматолитической стадии. Одновременно—нередко зонарная структура. У гидротермальных форм плеохроизм слабо выражен или же отсутствует.

Особенности химического состава и удельного веса. Наблюдающееся у касситерита пегматитовой стадии значительное содержание $Ta_2O_5 + Nb_2O_5$ (до 3.88%) в касситерите более низкотемпературных стадий падает до десятых процента. Одновременно наблюдается некоторое уменьшение удельного веса.

На вопросе танталоносности касситерита остановлюсь несколько подробнее.

Содержание $Ta_2O_5 + Nb_2O_5$ в оловянном камне представляет собой с точки зрения основ геохимии вполне понятное явление, точно так же как понятным должно быть постоянное присутствие олова в танталониобатах. Подобная совместная кристаллизация Sn, Ta и Nb объясняется близостью величин их ионных радиусов, обусловливающей захват тантала и ниобия оловом и наоборот.

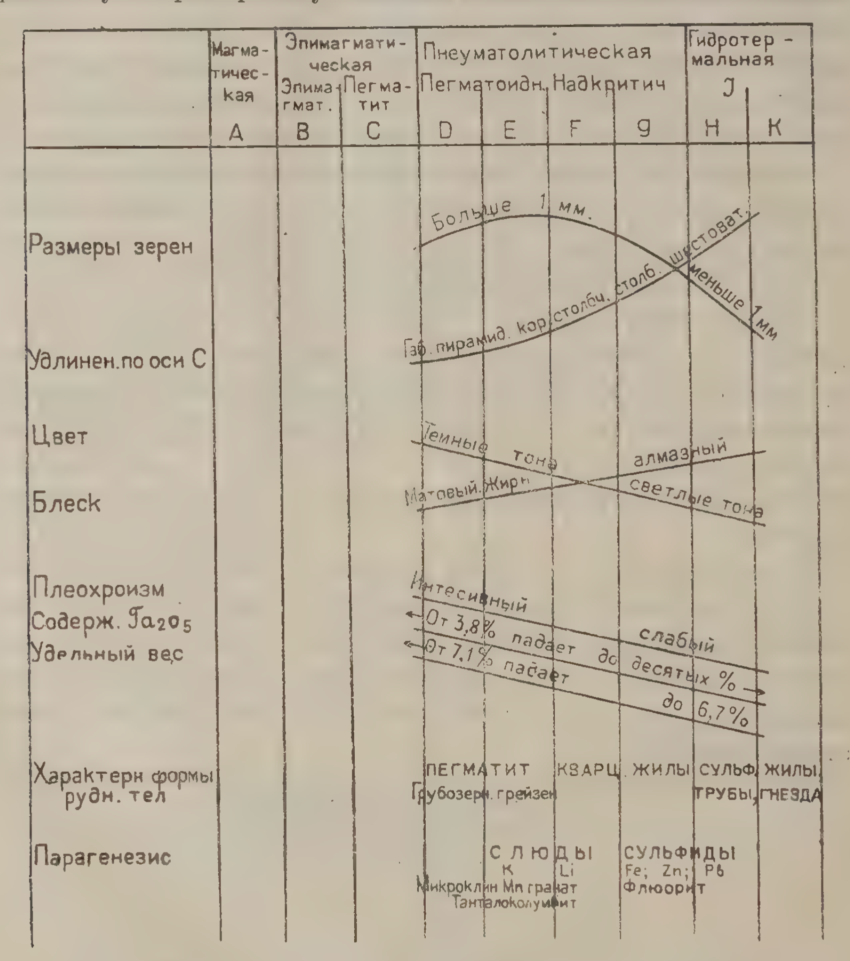
Таблица радиусов ионов Ta, Nb и Sn

	Гольдшмидт эмпир. вел.	Pauling теорет. вел.
Nb	0.69	0.70
Sn	0.74	0.71
Ta	0.69	—

При наличии этого геохимического сродства, вполне естественным становится также то обстоятельство, что более высокотемпературный касситерит должен быть более богат $Ta_2O_5 + Nb_2O_5$, причем наиболее высокое их содержание должно наблюдаться в касситерите тех фаз, которые одновременно характеризуются максимальным выделением танталониобатов. Такими фазами являются фазы C и D, т. е. действительно фазы выделения наиболее высокотемпературных и в то же время наиболее танталоносных

форм касситерита (Марианнинское и М. Кулиндинское месторождения, Завитая).

Прилагаемая диаграмма (фиг. 2) представляет собой попытку дать графическую характеристику изменений физико-химических свойств касси-



Фиг. 2. Схема типоморфных особенностей кассиперита.

терита в зависимости от места его выпадения в геохимической схеме развития пегматитового и пневматолитического процессов.

В заключение данной сводки материалов по минералогии касситерита Забайкальских месторождений, мне хотелось бы отметить, что с очевидной ясностью выявляется вполне закономерная функциональная зависимость всех физико-химических свойств касситерита от места и времени его выпа-

дения в процессе металлогенезиса. Не подлежит сомнению, что закономерные изменения в общем облике касситерита, несомненно являются следствием глубоких геохимических причин. Поэтому эти изменения в основном должны быть одинаковыми для любого оловорудного района, даже несмотря на то, что они устанавливаются на основании лишь забайкальского материала. Без сомнения, в разных металлогенетических провинциях, и даже по отдельным месторождениям, будут наблюдаться те или иные отклонения от схемы в силу особенностей состава гранитной магмы или остаточного расплава, характера вмещающих пород, своеобразия генезиса отдельных месторождений и пр. Последующие работы по Забайкалью и другим районам внесут конечно те или иные коррективы в набросанную схему, но все же общее направление, так сказать, «динамики» изменения форм касситерита, вероятно будет совпадать с данными по Забайкалью. В этом отношении быть может наиболее убедительным примером может служить пример описанной выше редкой формы псевдопризматического касситерита, связанного с пегматитовыми месторождениями.

Как выше было отмечено, эта форма, связанная с определенным генетическим типом месторождений, установлена для двух удаленных точек земного шара (Завитая — Вост. Забайкалье и Embaaban Swaziland — Ю. Африка) и приурочена к двум различным по возрасту интрузиям (послеюрская и докембрийская).

Считаясь с важностью уточнения вопросов типоморфизма касситерита, можно рекомендовать дальнейшую исследовательскую мысль по данному вопросу направить по двум основным путям:

1) Более углубленное изучение динамики физико-химических свойств касситерита и в особенности кристаллографических форм и химического состава — как основных типоморфных признаков.

2) На основе наметившейся схемы, поставить сравнительное изучение типоморфных особенностей касситерита генетически однотипных месторождений различных металлогенических провинций, и в первую очередь Казакстана. Подобная работа изучения типоморфизма Казакстанского (и других — по мере накопления материала) касситерита, сравнительно с Забайкальским, даст возможность установить, так сказать, амплитуду отклонения касситерита разных районов от намечающейся типоморфной схемы.

2. Вольфрамит

В отношении вольфрамита (охватывая под этим термином всю совокупность непрерывного изоморфного ряда: гюбнерит — ферберит) необхо-

димо отметить, что пока не представляется возможным построить такой же схемы изменения типоморфных особенностей этого важнейшего вольфрамового минерала, в зависимости от места и времени его кристаллизации в общем ходе пегматитового и пневматолитического процесса, как это удалось наметить в отношении касситерита. Имеющийся в распоряжении богатый полевой материал периода 1929—1932 гг. по Забайкалью, Алтаю, Казакстану и Уралу, позволяет все же надеяться, что соответствующая его камеральная обработка позволит набросать общую схему функциональной зависимости физико-химических свойств вольфрамита как бинарной системы ($mFeWO_4 + nMnWO_4$) от момента его выделения.

На настоящий момент, лишь в качестве материала, считаю необходимым отметить следующее.

Несколько лет тому назад М. Тетяев,[1] на основании изучения аналитического материала некоторых вольфрамовых месторождений, выдвинул положение, согласно которому «ферберитовый» и «гюбнеритовый» характер вольфрамита ставится в зависимость от температурного признака месторождения: более высокотемпературные формы характеризуются повышенным содержанием железа, а более низкотемпературные — преимущественным участием марганца в молекуле вольфрамита. В настоящий момент наше изучение вольфрамитовых месторождений продвинулось значительно вперед. Мы на сегодня напр., уже знаем, что сам по себе анализ вольфрамита того или иного месторождения не может еще служить материалом для общих заключений генетического характера, поскольку в пределах одного и того же месторождения в большинстве случаев (Белуха, Букука, Арбуй — Забайкалье, Колывань, Уба, Каинда — на Алтае и др.) мы встречаем рудные образования генетически резко друг от друга отличающиеся (напр. на Букуке — жила № 3 с одной стороны, и «Сушаниха» или «Мачеха» — с другой), а значит отличающиеся в отношении химического состава и других типоморфных особенностей вольфрамита.

Несмотря на то, что функциональная зависимость между химическим составом вольфрамита и его генетическим типом, разумеется должна существовать,[2] и несмотря на то, что концепция М. М. Тетяева не находится в противоречии с общими геохимическими положениями, все же приходится ожидать, что фактическое положение данного вопроса значительно

[1] М. М. Тетяев. К вопросу о классификации вольфрамовых месторождений. Изв. Геол. ком., 1918, т. XXXVII.

[2] Idem. Типы русских вольфрамовых руд и их взаимоотношение. Мат. по общ. и прикл. геол., вып. 34, 1926.

сложнее. Повидимому, зависимость состава бинарной системы вольфрамита от температурной характеристики месторождения, не всегда идет по линии увеличения содержания гюбнеритовой частицы в более низкотемпературных формах. Так, месторождения Баевка и «III года пятилетки», обладающие достаточно отчетливо выраженными «высокотемпературными» признаками, характеризуются все же высоким содержанием гюбнеритовой частицы в вольфрамите. С другой стороны, некоторые данные говорят о том, что в наиболее низкотемпературных месторождениях вольфрамита гидротермальной стадии, вольфрамит иногда представлен крайним членом ферберита. В этом отношении можно привести два примера:

1) Вольфрамит непромышленного сурьмяно-вольфрамитового Хуландойского месторождения на С. Кавказе (Чеченская Автономная область), выделившийся уже несомненно в гидротермальную фазу—позднее сурьмяного блеска — в виде тонких игл — имеет следующий состав[1]

WO_3	75.98
FeO	23.08
MnO	0.69

Или в пересчете на молекулярный состав: $FeWO_4 = 96.34\%$; $MnWO_4 = 2.66\%$, т. е. является почти чистым ферберитом.

2) Berg[2] отмечает почти чистый ферберитовый характер вольфрамита боливийского месторождения Calacani y Colquuri, являющегося результатом метасоматического замещения линзы сидерита.

В отношении зависимости средней величины кристаллов вольфрамита и, отчасти, габитуса — от места его выпадения, пока данные 1929—1932 гг. с несомненностью дают возможность утверждать следующее:

1) При наличии двух генераций вольфрамита в одном и том же рудном теле, более поздняя генерация характеризуется, в среднем, меньшими размерами кристаллическах зерен, спускающимися до немногих миллиметров, иногда до десятых миллиметра. Подобные наблюдения имеются, как в отношении Забайкалья (Букука, Белуха, Арбуйское месторождение, М. Соктуй), так и по Казакстану (Каиндинское месторождение).

Во избежание неправильного толкования только что высказанного положения считаю необходимым оговориться, что незначительная средняя

[1] А. К. Болдырев и Э. Я. Ляски. Разделение русских вольфрамитов Fe и Mn на минералогические виды и связь состава природных вольфраматов с их чертой. Зап. Росс. минер общ., ч. LVIII, 1929, № 2, стр. 239—247.

[2] G. Berg. Vorkommen und Geochemie mineralischen Rohstoffe, Lpz., 1929, S. 230—231.

величина зерен и кристаллов вольфрамита более низкотемпературных генераций не исключает возможности спорадически наличия и более крупных иногда очень значительной величины гнезд и др. рода скоплений вольфрамита.

2) В более низкотемпературных формах кристаллы вольфрамита приобретают шестоватые формы, доходящие иногда до игольчатых и нитевидных кристаллов (Хуландойское гидротермальное сурьмяно-вольфрамовое месторождение).

Наконец, можно отметить обычно тусклый блеск и шероховатую поверхность на естественных гранях более высокотемпературного вольфрамита и значительно более интенсивный металловидный блеск низкотемпературных форм.

Задачи дальнейшего изучения типоморфных особенностей вольфрамита, по сравнению с касситеритом, являются гораздо более сложными, поскольку здесь мы будем иметь дело с исследованием изменений физико-химических особенностей бинарной системы. В качестве наиболее важных моментов в этом изучении, можно было бы выставить следующие вопросы:

1) Более углубленное исследование соотношений гюбнеритовой и ферберитовой частиц в вольфрамитах разных температурных типов (как в пределах одного и того же месторождения, так и в различных месторождениях одной и той же металлогенической провинции).

2) Детальное изучение зависимости кристаллографических форм и средней величины зерен и кристаллов вольфрамита от химического его состава и генетического типа.

3) Изучение условий проявления крайних членов бинарной системы в рудных телах разных генетических типов — так. наз. ферберита в низкотемпературных и гюбнерита в высокотемпературных формах.

3. Берилл

А. Е. Ферсман[1] дает определенную картину изменения некоторых типоморфных особенностей берилла, сводящиеся к следующему:

1) Цвет. Наиболее высокотемпературный берилл (фаза B-C) — синий, последовательно сменяющийся желтым, золотистобурым (D-E), зелено-синим, с постепенным ослаблением тона, переходящего в бесцветный (в фазе E). Далее белый берилл (F) и наконец розовый берилл воробьевит (фаза G).

[1] А. Е. Ферсман. Пегматиты. Тр. СОПС, 1931.

2) Габитус кристаллических форм. Наиболее высокотемпературные формы (B-C) характеризуются шестоватыми (вероятно переходящими в игольчатые) формами. В фазах D-F длина призм сокращается и, наконец, фаза G характеризуется короткостолбчатым габитусом.

Наблюдения 1931—1932 гг. на Баевском месторождении устанавливают, что наиболее низкотемпературные формы берилла, повидимому вплотную приближающиеся к гидротермальной фазы (фазы G на границе с фазой H) представлены бесцветными (обычно мутными от многочисленных трещин — начало выветривания) или белыми шестоватыми (до игольчатых) кристаллами, длиною до 1.5 см, группирующимися в лучшие аггрегаты.

В дальнейшем, при специальном изучении типоморфных особенностей берилла, помимо установления более отчетливой картины изменения цвета и габитуса, можно рекомендовать продолжить работы акад. В. И. Вернадского,[1] обратив особое внимание на изучение химического состава и выяснить пределы, в которых колеблется содержание цезия в бериллах фазы F. Факт цезиеносности бериллов определенной генетической группы, помимо высокого теоретического интереса, может обусловить возможность и фактического использования таких бериллов как бериллиево-цезиевого сырья. Далее, одной из специальных задач подобного изучения типоморфных особенностей могло бы быть более углубленное изучение условий и места образования ювелирных разновидностей берилла. Наконец, весьма важным является вопрос наиболее оптимальных геохимических условий образования крупных кристаллов берилла.

4. Колумбит и танталит

Наблюдения, ограничивающиеся лишь Завитинским месторождением в Забайкальи, в значительной степени в соответствии с данными А. Е. Ферсмана,[2] сводятся к следующему.

Наиболее высокотемпературные проявления представителей непрерывного изоморфного ряда танталит-колумбит, приуроченные к грубозернистому пегматиту, характеризуются высоким содержанием Ta_2O_5 (отношение между Ta_2O_5 между Nb_2O_5 порядка 50:50). При этом размеры зерен обычно не менее 2—3 мм и габитус кристаллических зерен — короткостолбчатый с сечением, приближающимся к квадратному. Позднейшие, значительно более низкотемпературные выделения танталониобатов на Завитин-

[1] В. И. Вернадский. О воробьевите и химическом составе бериллов. Тр. Геол. муз. АН, II, 1908.

[2] А. Е. Ферсман. Пегматиты, стр. 335—336.

ском месторождении носят отчетливо колумбитовый характер. Отношение между Ta_2O_5 и Nb_2O_5 падает до 15:85. Величина отдельных кристаллических зерен спускается до 1 мм и ниже, а габитус резко меняется, приобретая плоско пластинчатый характер.

Анализ отдельных фракций (по крупности зерна) Завитинского тантало-колумбитового концентрата, полученного от промывки элювиального материала, также указывает на повышенное содержание Ta_2O_5 в более крупных фракциях, что может быть иллюстрировано следующими данными[1] изучения содержания Ta_2O_5 и Nb_2O_5 в разных по крупности зерна фракциях материала от промывки двух партий разрушенного элювия:

Партии	Соотношение между содержанием Ta_2O_5 и Nb_2O_5 в концентрате		
	Крупная фракция 2 мм	Средняя фракция 2 мм 1 мм	Мелкая фракция 1 мм
	$Ta_2O_5 : Nb_2O_5$	$Ta_2O_5 : Nb_2O_5$	$Ta_2O_5 : Nb_2O_5$
1	60:40	40:60	30:70
2	30:70	25:75	15:85

Поскольку тантало-колумбиты, подобно вольфрамиту, представляют собой бинарную систему, дальнейшие задачи изучения типоморфных особенностей этой системы должны в будущем свестись к выявлению количественных показателей взаимоотношений между ниобиевой и танталовой частицами танталониобатов, выделившихся в разных стадиях пегматитового процесса, далее — к выяснению взаимоотношений между составом, с одной стороны, и кристаллическими формами — с другой, и наконец — на основе данных Mügge и выводов Ферсмана — более углубленное изучение функциональной зависимости между удельным весом танталониобатов и содержанием в них Ta_2O_5.

5. Монацит

Согласно наблюдениям 1931—1932 гг. в Забайкальи (Борщевочный Кряж и Шерловая Гора) и на Алтае (пегматиты Тигерецких Белков) с полной очевидностью выясняется наличие двух основных форм монацита.

Наиболее высокотемпературные формы, частично являющиеся вероятно первичными аксессориями в гранитах, частью же связанные с выделениями

[1] Определения выполнены Е. В. Константовым в лаборатории Забайкальской словянной геол.-разв. партии.

самых первых фаз пегматитового процесса — пегматитовыми шлирами в гранитах (фаза А. Ферсмана), представлена мелкими (порядка 1 мм и ниже) блестящими зернами медовожелтого, золотистожелтого (Борщевочный Кряж) и серожелтого тонов.

В последующие фазы — преимущественно в грубозернистом пегматите (фаза С и D) крупность кристаллов монацита значительно увеличивается (Шерлова гора, Тигерецкие Белки) — окраска значительно темнее: бурого, краснобурого, коричневого тонов; блеск на естественных гранях — тусклый, матовый. В низкотемпературных фазах пегматитового процесса, приближающихся к гидротермальной стадии, выпадение монацита весьма редко.

Одной из важнейших задач дальнейшего изучения вопроса типоморфных особенностей монацита должно явиться освещение вопроса о том, с какой фазой или стадией пегматитового процесса связаны, с одной стороны, наиболее ториеносные, а с другой — наиболее богатые гелием монациты, и какова их физико-химическая характеристика.

ГЛАВНЕЙШАЯ ЛИТЕРАТУРА ПО ТИПОМОРФИЗМУ

1. Белянкин Д. Последовательность кристаллизации полевого шпата в гранитных породах. Изв. Политехн. инст., XXII, 1914, стр. 259—277; 1919, стр. 249—262 (полевые шпаты).
2. Вернадский В. И. О воробьевите и химическом составе бериллов. Тр. Геол. муз. АН, II., 1908, стр. 81—102 (берилл).
3. Болдырев А. К. и Ляски Э. Я. Разделение русских вольфраматов Fe и Mn на минералогические виды и связь состава природных вольфраматов с их чертой. Зап. Рccс. минер. общ., ч. LVIII, № 2 (вольфрамит).
4. Драверт П. О связи кристаллических форм турмалина с цветом. Прил. к прот. зас. Общ. ест. Каз. унив., 1903, № 215.
5. Тетяев М. М. К вопросу о классификации вольфрамовых месторождений. Изв. Геол. ком., 1918, т. XXXVII (вольфрам).
6. —— Типы русских вольфрамовых руд и их взаимоотношение. Мат. по общ. и прикл. геол., вып. 34, 1926 (вольфрамит).
7. Ферсман А. Е. Пегматиты, т. I. Тр. СОПС, стр. 304—372. Л. 1931 (Обзор ряда типоморфных минералов).
8. Ahlfeld A. Über Tracht und Genesis des Zinnsteines. Forschr. d. Miner. u. s. w. Bd., XVI, T. I, S. 47—49. 1931 (касситерит).
9. —— Beiträge zur Kenntnis bolivianischer Mineralien (1 Zinnstein). Zbl. f. Miner. u. s. w. Abt. A., № 8, 1932 J. (касситерит).
10. Cissarz A. Übergangslagerstätten innerhalb der intrusivmagmat. Abfolge. T. I, Zinn-Wolfram und Molybdenformationen. N. Jhrb. f. Miner., Bd. LVI, Abt. A., 1927, S. 99—274 (обзор по ряду минералов).
11. Fridrich F. Über die Härte Anorg. Verbindungen. Fortschr. d. Chem., XVIII, 1926 (зависимость твердости от генетического типа минералов).
12. Heilmaier. Über Zinnerz (Zinnstein). Formen und Akzessorien. N. Jahrb. f. Min., 1930 Beil.-Bd. 61, Abt. A., S. 403—468 (касситерит).

13. Holden F. The cause of color smoky quarts and ametist. Amer. Mineralogist, X, 1926, p. 203—252 (кварц).
14. Jakob J. Beiträge zur chemischen Konstitution der Glimmer. Ztschr. f. Kristall., Bd. 72, 1929 J. (слюды), S. 327—380.
15. Kalb G. u Koch L. Die Kristalltrachten des Apatits und Beryll in mineral. Betracht. Centralblatt f. Miner., A., 1929, S. 267—271.
16. Kunitz, W. Die Beziehungen zwischen der chem. Zusammensetzung und den phys.-chem. Eigenschaften Glimmergruppe. N. Jahrb. f. Min. (слюды).
17. —— Die Mineralien d. Restkristallisation. Chem. d. Erde, IV, 1929 J. S. 231 (пневматолит. минералы).
18. —— Die Mischungsreihen in der Turmalingruppe und die genetischen Beziehu Turmalinen und Glimmern. Chem. d. Erde, IV, 1929 J., S. 208—251.
19. Lec O. J. Mineralogy of Hafnium Chem. Rev., V, 1928, p. 17—37.
20. Maucher W. Leitfaden für den Geologie Unterricht an Berg und Huttenschulen, Freiberg, 1914 J. (Касситерит).
21. —— Die Paragenetische Stellung Beryllmineralien in Pegmatitdrüsen. 11-tes Jahres Bericht Freiberg Geol. Ges. Freiberg, 1909, S. 9—12 (берилл).
22. Mügge O. Zbl. f. Miner. № 14, 1924, S. 417 (зависимость уд. веса колумбита от содерж. Ta_2O_5).
23. Roger A. Sericite — a low temperature hydrotermal Mineral. Econ. Geol., XI, 1916, p. 111—150.
24. Schneigerhöhn H. Die Grundlagen einer genetischen. Systematik der Minerallagerstätten. Senckenbergiana, V, 1919, S. 197.
25. Tertsch H. Trachten der Krystalle. Forschungen z. Kristallkunde, H. I, Berlin, 1926.

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК СССР. 1933
BULLETIN DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'URSS
Classe des sciences mathématiques et naturelles
Отделение математических и естественных наук

О МЕТАЛЛОГЕНИИ КАВКАЗА[1]

Л. А. ВАРДАНЯНЦА

(*Представлено* **Сейсмологическим институтом**)

Кавказ в отношении общей его геологии изучен к настоящему моменту в достаточной степени детально, и мы уже имеем довольно ясное представление о том, как развивалась эта горная система в послепалеозойское время. Более же древняя часть истории Кавказа пока скрыта от нас, так как соответственные геологические образования обнажены здесь на очень небольших площадях.

Не подлежит сомнению, что изучение геологической истории той или иной страны, в частности Кавказа, не может быть конечной целью научных исследований. Общие геологические исследования служат лишь предпосылкой, так как они дают ту основу, которая позволяет нам в планомерном, обоснованном научными положениями, порядке организовывать и проводить овладение силами природы. Частным случаем последних является минеральное сырье, заключающееся в недрах земной коры.

Если подходить с этой точки зрения, то мы должны будем признать, что неотъемлемой частью геологических исследований являются рабочие схемы геохимии, в частности металлогении. Не имея подобных схем, почти невозможно правильно организовать поисковые работы на рудное сырье В тех случаях, когда нет рабочих схем геохимии и металлогении, поисковые и разведочные работы производятся обычно «вслепую» и их успех зависит в значительной степени, а порой даже исключительно от случайной удачи или неудачи.

Конечно, схема металлогении такой большой и сложной горной системы, как Кавказ, не может быть составлена сразу, притом в идеально-совер-

[1] Доложено в заседании сектора редких металлов Центрального научно-исследовательского геолого-разведочного института (ЦНИГРИ) 15 марта 1933 г.

шенном виде. Мы должны, как и в других случаях, постепенно приближаться к истине, проверяя как теорию практикой, так и практику теорией. Вполне понятно, что первые схемы будут не вполне удачны и через некоторое время будут заменены новыми, более проработанными. Но, даже такие несовершенные схемы имеют большую как научную, так и практическую ценность, ибо их появление принуждает нас прекратить беспорядочное нагромождение научных фактов, заменив таковое их анализом и сведением в более или менее стройную систему.

Для Кавказа в целом мы до сих пор еще не имеем ни одной рабочей схемы его металлогении. Подобная схема, и то в виде первого опыта, была предложена только для Большого (Центрального) Кавказа. Она была составлена автором настоящей статьи еще в начале 1930 г., и опубликована в печати уже в первой половине 1931 г.[1]

В условиях быстрого прогресса наших знаний, три года со времени составления схемы и два года со дня ее опубликования в печати представляют такой большой срок, который обусловливает необходимость пересмотреть ранее составленную схему и внести в нее некоторые коррективы.

Не может вызывать возражений, что металлогению любой страны мы должны рассматривать в рамках каких-то металлогенических эпох, эти эпохи мы должны связывать с эпохами развития вулканизма, а вулканизм мы должны увязывать с эпохами горообразования. Составляя первую схему металлогении Центрального Кавказа, я не вполне учел указанные выше соотношения, что и определило некоторые дефекты этой схемы. Кроме того, некоторые вопросы тектогенеза и вулканизма Кавказа в то время не были еще подтверждены нужными для этого фактами, что определило в отдельных случаях более узкий подход при решении вопроса о возрасте оруденения.

В ранее составленной схеме я выделил в качестве вполне выявленных две металлогенические эпохи. Одну из них, характеризующуюся хромоникелевым оруденением, я приурочил ко времени формирования варисцийских интрузий основных пород, типа офиолитов, выступающих целым поясом в бассейнах рек: Белой, Лабы, Зеленчука, Кубани и Малки.

Вторую эпоху, на основании имевшегося в моем распоряжении материала, я должен был отнести к концу третичного периода, связывая генетически оруденение этой эпохи с так называемыми неоинтрузиями. По-

[1] Л. А. Варданянц. Опыт металлогенической характеристики Центрального Кавказа. Труды Главн. геол.-разв. упр., вып. 22, 1931.

следние же, в рамках предложенных к тому времени тектонических схем, можно было связывать только с альпийским вулканизмом, точнее, с его последними мио-плиоценовыми фазами. В связи с этим определился верхнетретичный возраст также и для большинства рудных месторождений Центрального Кавказа и в первую очередь для месторождений района Военно-Грузинской и Военно-Осетинской дорог.

Составляя схему металлогении, я не мог обойти молчанием или оставить без внимания также и тот факт, что в большинстве случаев месторождения Большого Кавказа в высокой степени однотипны, откуда нужно было сделать вывод, что и в отношении генезиса они близки друг к другу.

В прежней схеме мною была предположительно намечена возможность существования еще одной металлогенической эпохи — по возрасту нижнепалеозойской, приуроченной ко времени интрудирования гранитной магмы. Но вместе с тем я высказал мнение, что число месторождений этой эпохи, сохранившихся после последующего неоднократного поднятия Кавказа и неоднократной его пенепленизации, должно быть очень ограничено, не говоря уже о том, что это должны быть месторождения более глубоких рудных зон, чем те, которые характеризуют большинство кавказских рудных месторождений.

Несколько позже эта металлогеническая эпоха была кратко охарактеризована мною в небольшой статье, помещенной в сборнике «Северный Кавказ мощная минерально-сырьевая база СССР».[1] Наконец, еще более полно эта же металлогеническая эпоха была охарактеризована А. Г. Кобилевым, называющим ее «золотоносной», в его статье «О золотоносности Северного Кавказа».[2]

Дальнейшее развитие тех же идей о металлогении Кавказа представлено мною в заключительном отчете по моим работам в Горной Осетии, продолжавшимся в общей сложности около 10 лет. Соответственная часть отчета опубликована мною в виде отдельной статьи.[3]

В этой статье я делаю попытку связать в одно целое не только все проявления оруденения, но и все вообще проявления термальной деятельности, которые наблюдаются в районе Горной Осетии.

Рассматривая в этом разрезе собранные мною факты, я должен был установить, что в Горной Осетии почти все проявления термальной дея-

1 Сборник издан в 1932 г. в Ростове на Дону.

2 «Геология на фронте индустриализации», № 4, Ростов на Дону, октябрь, 1932.

3 Варданянц Л. А. Материалы по геохимии Горной Осетии. Зап. Минерал. общ., сер. 2, часть LXI, 1932, № 2.

тельности приурочены к линиям крупных разломов и составляют рудные зоны. Из числа последних наиболее резко выражена самая северная, протягивающаяся на многие десятки километров и прослеженная непрерывно частью В. П. Ренгартеном, частью мною и частью другими геологами от бассейна р. Ассы на востоке до бассейна р. Урух на западе. По его составу оруденение, обнаруженное вдоль этой линии, которую я называю «зоной разломов», полиметаллическое мезотермальное, при том очень однотипное на всем указанном протяжении.

Южнее этой зоны разломов проявления термальной деятельности приобретают в Горной Осетии все более глубинный характер и, наконец, вдоль осевой линии Кавказского поднятия, проходящей примерно через Дарьяльское и Кассарское ущелья, где наиболее высоко поднят палеозойский субстрат, мы имеем проявления наиболее высокотемпературных терм. Это — контактовые, а также гипотермальные рудные и безрудные образования. В числе таких образований можно отметить уже описанную в литературе Джимаринскую медно-мышьяковую жилу. К этой же линии наибольшего поднятия приурочены в средней части Большого Кавказа все известные нам обнажения неоинтрузивных пород.

На основании сказанного надо думать, что оруденение в Горной Осетии, по его возрасту, должно быть в общем одновременным с главными тектоническими нарушениями. Возраст же последних, в свете наиболее обоснованных тектонических схем, предложенных к настоящему моменту, определяется как мио-плиоценовый, так как мы пока еще не имеем неоспоримых доказательств того, что в промежутке между лейасом и миоплиоценом имели место в Центральном Кавказе горообразовательные движения той же интенсивности, как и в мио-плиоцене.

В связи с этим в составленной мною схеме тектогенеза Горной Осетии я приурочиваю главную массу тектонических нарушений к мио-плиоцену и частью даже к постплиоцену.[1] Это, в свою очередь, определяет миоплиоценовый возраст молодой вулканической деятельности, известной уже давно под названием неоинтрузий. То и другое вместе определяет мио-плиоценовый возраст большинства рудных месторождений Горной Осетии.

Наконец, анализируя тектоническое строение Горной Осетии, я пришел к выводу, что наиболее северная, а именно тектоническая зона северных предгорий, характеризующаяся отсутствием рудных проявлений,

[1] Л. А. Варданянц. Тектоническое строение Горной Осетии и ее отношение к Центральному Кавказу. Зап. Всеросс. Минер. Общ., сер. 2, часть LXII, 1933, № 1.

формировалась скорее всего в постплиоцене, т. е. уже после того, как в Горной Осетии закончились процессы рудоотложения.

В изложенном виде схема металлогении и в общем смысле геохимии Горной Осетии является конечным пределом на пути развития идей, высказанных мною уже ранее.

Во всех аналогичных случаях в первую очередь сам автор обязан продолжать критический анализ составленных им схем с тем, чтобы освободить их от возможных дефектов. В данном случае к этому побуждает новый, чрезвычайно интересный материал, собранный геологами Кавказа за время после 1930 г.

В начале данной статьи я уже отметил, что, при анализе металлогении, мы в качестве основы должны принимать последовательность периодов горообразования. Что касается Кавказа, то для него мы имеем три вполне выявленных и доказанных периода крупнейших горообразовательных движений — каледонский, варисцийский (герцинский) и альпийский.

Считаю нужным подчеркнуть, что я рассматриваю именно периоды горообразования, а не отдельные, хотя бы даже крупные фазы, число которых очень велико. По моему мнению, мы при рассмотрении вопросов металлогении Кавказа еще не в состоянии учитывать фазы как таковые. Включение в схему металлогении отдельных фаз только затруднило бы анализ и сделало бы выводы неясными. Более правильно ориентироваться пока на крупные этапы, каковыми могут быть только периоды горообразования в целом. Впоследствии, по мере развития наших знаний, мы можем дополнять схему более мелкими этапами, соответствующими отдельным орогеническим фазам.

Кроме указанных трех периодов горообразования намечается на Кавказе еще один — андийский (киммерийский), совпадающий, в главной его части, с совокупностью орогенических фаз от келловейской до предтитонской (андийской, верхнекиммерийской) включительно.

Нужно отметить, что еще раньше нам были известны факты, указывающие на то, что в этом периоде в некоторых частях Кавказа, по существу почти повсюду, имели место более или менее интенсивные тектонические движения, например: в Грузии (Б. Ф. Мефферт), в бассейне р. Кубани (И. И. Никшич, О. С. Вялов), в бассейне р. Малки (А. П. Герасимов, С. И. Талдыкин), в Балкарии, Дигории и Осетии (И. Г. Кузнецов, С. И. Талдыкин, Л. А. Варданянц), в Дагестане (В. П. Ренгартен, Д. В. Дробышев), в Армении (К. Н. Паффенгольц) и т. д.

Но эти факты не получали того значения, какое можно им придавать в настоящее время, что ясно хотя бы из того, что в последних тектонических сводках, составленных В. П. Ренгартеном, указывается только андийская (предтитонская) орогеническая фаза, а келловейская и другие более мелкие совершенно не упоминаются. Кроме того, даже андийская фаза толкуется в этих сводках как второстепенная фаза альпийского периода горообразования.

В то же время в области Большого Кавказа более интенсивной была, в отличие от Малого Кавказа, не андийская, а именно келловейская фаза, так как мы имеем обоснованные указания на крупные движения и начало значительного размыва именно в келловее, а не перед титоном. Что же касается того, что верхнеюрская трансгрессия в некоторых местах приурочена к началу титона, то это нужно объяснять скорее всего продолжительным континентальным режимом, установившимся после келловейской орогенической фазы.

После 1930 г. были собраны факты, имеющие более широкое значение. Именно, К. Н. Паффенгольцем был установлен верхнеюрский — нижнемеловой возраст гранодиоритовой интрузии, обнажающейся в бассейне р. Тертер в Восточном Закавказьи. Тот же возраст определяется, по новым данным В. Н. Котляра, также и для некоторых гранитов, выступающих на южном склоне Бамбакского хребта (в районе между оз. Гокча и горой Алагез). В первом случае с гранодиоритами связано оруденение, причем того же типа, как и оруденение, связанное с более молодыми (посленижне-олигоценовыми) гранодиоритовыми интрузиями Малого Кавказа.

Таким образом, в Малом Кавказе устанавливается как будто бы полностью новый комплекс процессов (орогенез, вулканизм, оруденение), который нужно толковать, повидимому, как новую металлогеническую эпоху. Возможно ли существование этой эпохи и в области Большого Кавказа? Это пока еще неясно, но появляются новые факты и в связи с этим значение старых фактов вырастает настолько, что может быть уже в ближайшем будущем мы должны будем отнести часть неоинтузий Большого Кавказа к андийскому периоду горообразования.

В связи с этим определяется настоятельная необходимость учитывать при исследовательских работах этот новый этап в жизни Кавказа, включая его в рабочие схемы тектоники и металлогении. Актуальность этого определяется еще и тем, что крупная роль андийского периода горообразования устанавливается все в большей и большей степени и для соседних с Кавказом областей.

Итак, мы имеем для Кавказа четыре главных, в большей или меньшей степени выявленных, этапа. Это — каледонский, варисцийский, андийский и альпийский периоды горообразования. При этом как здесь, так и ниже я под андийским горообразованием понимаю совокупность орогенических фаз, проявившихся, главным образом, в верхней юре, а не только одну андийскую орогеническую фазу. Что касается каледонского периода горообразования, то таковой в условиях Кавказа пока еще не может быть отделен от докаледонских проявлений горообразования, изученных здесь очень слабо. Каждому из указанных выше периодов соответствует свой особый комплекс взаимосвязанных процессов тектогенеза, вулканизма и термальной деятельности.

Рассмотрим теперь каждый из периодов (комплексов) в отдельности. Каледонский комплекс изучен пока недостаточно полно, так как он обнажен на очень ограниченной площади, главным образом в области Центрального Кавказа и частью в Сурамском (Дзирульском) массиве. Кроме того, этот комплекс сильно замаскирован и исковеркан наложенными на него последующими комплексами.

Вулканизм, входящий в состав этого комплекса, проявился в формировании гранитных интрузий, образующих достаточно крупные тела. Что же касается оруденения, то таковое, имеющее несомненную генетическую связь именно с каледонскими гранитами, обнаружено разведочными и поисковыми работами только недавно, повидимому, после 1930 г. На Северном Кавказе это — месторождения золота. В Дзирульском массиве — месторождения бериллия (и ортита?) имеющие, может быть, только минералогическое значение.

В обоих этих случаях вновь открытые месторождения должны быть отнесены по их составу, повидимому, к глубинным геохимическим зонам, подобно аналогичным месторождениям Сибири (В. А. Обручев). Это дает право думать, что в области развития каледонского комплекса неоднократно возобновлявшаяся эрозия полностью срезала верхнюю оболочку гранитных интрузий, и обнажила гораздо более глубинные геохимические зоны, чем те, которые характерны для громадного большинства кавказских рудных месторождений. Такому уничтожению поверхностных геохимических зон каледонских интрузий чрезвычайно способствовали также и неоднократные интенсивные орогенические движения, проявлявшиеся здесь в послекаледонском времени.

В связи с этим представляет большой интерес как в теоретическом, так и в практическом отношениях наличие в каледонских гранитах до-

вольно многочисленных пегматитовых жил, минералогический состав которых еще никем не изучался. Не исключена возможность, что минералогический состав этих жил окажется в том или ином отношении близок к составу пегматитовых жил Сибири, а это делает вероятным нахождение и здесь, на Кавказе, минералов, содержащих радиоактивные и вообще редкие элементы.

Насколько мне известно, мы не знаем пока никаких других месторождений, для которых генетическая их связь с каледонскими гранитами была бы вполне доказанной. В то же время заведомо каледонские месторождения чрезвычайно резко отличаются от других кавказских месторождений.

Во всех тех случаях, когда удается наблюдать периферические части палеозойских гранитных интрузий, в контакте с ними залегают кристаллические сланцы. По наблюдениям многих геологов эти сланцы были уже кристаллическими к тому моменту, когда происходило интрудирование гранитной магмы. На основании этого можно сделать два вывода. Во-первых, что кровля гранитных интрузий, сложенная нормально осадочными породами, давным давно удалена эрозией, и во-вторых, что в настоящее время эти граниты вскрыты в их очень глубоких горизонтах.

В этих условиях наиболее естественно предположение, что месторождения поверхностных зон, приуроченные к периферии прежней кровли, уже смыты и что сохранились месторождения лишь глубинных зон, приуроченные к глубоким горизонтам, т. е. к кристаллическим сланцам или же к самим гранитам.

Не исключена возможность, что дальнейшие поисково-разведочные работы обнаружат на Кавказе в области развития каледонского комплекса новые месторождения типа архейских, эозойских и нижнепалезойских месторождений Сибири.

Таковы в кратких чертах те дополнения, которые нужно внести в мою прежнюю схему металлогении в части ее, касающейся нижнепалеозойской металлогенической эпохи. Дополнения эти не нарушают схему как таковую, тем более, что они были мною предусмотрены в полном их объеме, но поставлены были в качестве задачи второй очереди.

Второй крупный этап в жизни Кавказа — это варисцийское горообразование, которое проявилось здесь, повидимому, очень интенсивно. В области Большого Кавказа мы имеем несомненные доказательства чрезвычайной интенсивности орогенических движений, приуроченных к промежутку времени от верхней (средней) перми и до конца триаса.

Но до сих пор мы еще не знаем ни одного обнажения кислых или средних по составу интрузий, которые были бы связаны своим происхождением с этим периодом горообразования. Это может казаться очень странным, так как для нас более привычно предположение, что интенсивные горообразовательные движения должны сопровождаться интенсивным же проявлениям и вулканической деятельности.

Весьма возможно, что кажущееся отсутствие подобных интрузий объясняется тем, что мы еще не знаем, где проходила осевая линия варисцийских поднятий. Кроме того, такие интрузии возможно и существуют, но скрыты от нас, так как, вообще говоря, варисцийский комплекс подобно каледонскому, обнажается на очень ограниченной площади.

В то же время в бассейне р. Кубани и ее притоков и в бассейне р. Малки мы знаем интрузии основные, типа офиолитов, имеющие несомненно варисцийский возраст. Это так называемые змеевики, первоначальный состав которых не вполне ясен. Этим собственно и ограничиваются наши знания о глубинной вулканической деятельности варисцийского возраста.

Что касается Малого Кавказа, то там варисцийский комплекс вскрыт на столь ничтожных площадях, что практически можно считать его недоступным для исследований.

Таким образом, три года, прошедшие со дня составления моей схемы металлогении Центрального Кавказа, не дали новых материалов по этому вопросу и в связи с этим варисцийская металлогеническая эпоха остается в общей схеме в прежнем ее виде как эпоха формирования хромо-никкелевого оруденения. Как прежде, так и теперь мы не знаем никаких других рудных месторождений, которые могли бы иметь варисцийский возраст. В связи с этим по настоящее время стоит открытым вопрос о том, существуют ли на Кавказе варисцийские месторождения иного состава, в частности полиметаллические или медные.

Рассмотрим теперь четвертый, альпийский комплекс, а к андийскому вернемся несколько позже и рассмотрим его попутно с альпийским.

В настоящее время не подлежит никакому сомнению, что горообразовательные движения в альпийском периоде проявились по всему Кавказу чрезвычайно интенсивно и сопровождались столь же интенсивным проявлением и вулканических процессов.

В Малом Кавказе мы знаем целый ряд гранодиоритовых интрузий, возраст которых определяется в пределах от нижнего олигоцена до мэотиса (К. Н. Паффенгольц). Установлено вполне, что именно с этими олигоцен-

миоценовыми интрузиями связано генетически громадное большинство рудных образований, известных нам в Малом Кавказе. По их составу это преимущественно месторождения полиметаллов, меди и железа. По их характеру эти месторождения относятся частью к мезо- и гипотермальным зонам, частью же это месторождения контактовые.

Наиболее хорошо выражен в Малом Кавказе северный рудный пояс, протягивающийся в широтном направлении несколько севернее озера Гокча. В состав пояса входят месторождения Чатахское (магнетит), Аллавердское (халькопирит), Шамлугское (халькопирит), Кедабекское (халькопирит), Чирагидзор (пирит), Дашкесанское (магнетит) и ряд других менее крупных. Южный пояс, в состав которого входят месторождения Зангезурского, Мегринского, Нахичеванского, Даралагезского и Бамбакского районов, выражен не так ясно.

Месторождения более поверхностных зон, по составу полиметаллические, представлены здесь в значительно меньшем количестве (Даралагез, Ахтала и др.). Это нужно объяснять повидимому тем, что уже после формирования гранодиоритовых интрузий эрозия успела срезать верхнюю часть их осадочной оболочки. При этом была удалена, повидимому, также и часть месторождений поверхностных зон.

В области Большого Кавказа обнажения неоинтрузивных пород установлены от меридиана города Телава на востоке и примерно до меридиана города Сухума на западе. То, что считалось неоинтрузиями в районе Таупсинского перевала, оказалось не неоинтрузиями. В общей сложности уже известные обнажения неоинтрузий составляют в Большом Кавказе своего рода пояс, совпадающий с поясом крупнейших поднятий альпийского возраста.

Возраст неоинтрузий Большого Кавказа пока еще не вполне определен, но в некоторых случаях вполне установлено, что формировались они в связи с орогеническими движениями альпийского периода горообразования. Так, например, лакколиты района Минеральных Вод формировались после чокрака и в дочетвертичное время (В. Н. Лодочников), а интрузии гранодиоритов в бассейне р. Кодор по их возрасту после-нижнемеловые (Л. К. Конюшевский).

Эти два примера далеко не охватывают всю совокупность неоинтрузивных пород Большого Кавказа, но они вполне ясно показывают, что и в этой области горообразовательные движения альпийского возраста сопровождались формированием гранодиоритовых или близких к ним по составу интрузий. Надо думать, что число третичных интрузий в пределах Большого Кавказа очень значительно. Возможно даже, что в большинстве

неоинтрузии Большого Кавказа третичные по возрасту, в пользу чего говорит также их тесная приуроченность к линиям крупнейших дислокаций третичного возраста.

Сопоставляя все то, что мы знаем об альпийском периоде горообразования и об альпийском вулканизме Большого Кавказа, мы можем сделать вывод, что главным моментом, когда здесь происходило интрудирование гранодиоритовой магмы, является мио-плиоцен. При этом нижний предел возраста таких интрузий определяется, повидимому, предмэотической орогенической фазой, а верхний — акчагылом, так как начиная с акчагыла развивается в Большом Кавказе более молодая фаза андезитовых эффузий. Следовательно, в Большом Кавказе фаза вулканизма, обусловившая интрудирование гранодиоритовой магмы, сдвинута во времени по отношению к той же фазе, проявившейся в Малом Кавказе, т. е. несколько запаздывает. Это вполне понятно, так как и орогенез в области Большого Кавказа запаздывает по отношению к орогенезу в Малом Кавказе.

В Большом Кавказе с неоинтрузиями связано оруденение иного типа и состава, чем в Малом Кавказе. В первую очередь здесь нужно отметить мышьяковые и мышьяково-медные месторождения, генетическая связь которых с неоинтрузиями в ряде случаев вполне ясна, так как они залегают в виде жил либо в самих неоинтрузиях, либо в их контактовой зоне. Меньшее значение имеют месторождения молибдена, вольфрама и магнетита, генетическая связь которых с неоинтрузиями тоже не подлежит сомнению. Во вторую очередь можно указать многочисленные полиметаллические месторождения, для которых генетическая их связь с неоинтрузиями не вполне доказана, но наиболее вероятна.

В отличие от Малого, в Большом Кавказе выступают в месторождениях более легко подвижные элементы (As, Sb, S, Pb, Zn). Медь и железо, преобладающие в Малом Кавказе, в Большом отступают на второй план. По терминологии А. Е. Ферсмана, мы имеем в Большом Кавказе почти исключительно поверхностный концентр.

Подобное отличие Большого Кавказа от Закавказья не удивительно. Выше было указано, что в Малом Кавказе, где третичный орогенез проявился значительно раньше, эрозия уже успела смыть значительную часть верхних рудных горизонтов. В Большом Кавказе эрозия запаздывает в связи с более поздним проявлением орогенеза и поэтому здесь могли сохраниться от размыва рудные образования поверхностного концентра.

В Малом Кавказе в том же поясе, где выступают третичные интрузии и оруденение, проявляются также интрузии и оруденение более

древнего возраста, входящие в состав андийского текто-геохимического комплекса. Как интрузии, так и оруденение обоих комплексов, альпийского и андийского, примерно одни и те же и существенной между ними разницы нет. Можно отметить лишь значительно меньшую интенсивность этих процессов в андийском периоде по сравнению с альпийским. Но это, может быть, отражает не столько реальные соотношения, сколько несовершенство наших знаний.

Таким образом мы имеем в Малом Кавказе наличие двух отдельных и разновременных текто-геохимических комплексов, причем более молодой комплекс наложен (в территориальном смысле) на более древний. При этом оба комплекса очень близки один к другому и трудно отличимы.

Для области Большого Кавказа мы имеем все данные предполагать довольно интенсивные горообразовательные движения в андийском периоде и не исключена возможность, что в генетической связи с этими движениями проявился здесь и вулканизм. Поэтому мы должны, хотя бы даже предположительно, допустить и для Большого Кавказа существование андийского текто-геохимического комплекса. Последний, по аналогии с Малым Кавказом, может быть сходен с альпийским комплексом и трудно отличим от такового. Возможность и для Большого Кавказа взаимоналожения двух сходных комплексов тем более вероятна, что территориально границы андийского и альпийского горообразования совпадают, повидимому, и здесь.

Какого рода изменения и дополнения нужно внести в связи со сказанным в мою прежнюю схему металлогении Центрального Кавказа? Прежде всего в вопросе о возрасте неоинтрузий Большого Кавказа, часть которых, после новых исследований, мы, весьма возможно, должны будем отнести к андийскому комплексу. В связи с этим андийский возраст получат, возможно, также и некоторые месторождения Большого Кавказа.

Но в то же время основной вопрос о том, можно ли главную массу рудных месторождений Большого Кавказа связывать только с послепалеозойскими интрузиями гранодиоритов или же нужно отвести значительную роль на долю палеозойских гранитов, остается, по моему мнению, в прежнем виде, так как рудные месторождения Большого Кавказа в большинстве моложе нижней юры. Поправки к моей прежней схеме сводятся, следовательно, к тому, чтобы как-то поделить самые неоинтрузии и рудные месторождения, связанные с ними, между двумя текто-геохимическими комплексами — альпийским и андийским. Самый же объем поправок пока еще совершенно не ясен.

Даже после того, как андийский (мезозойский) возраст некоторых неоинтрузий Большого Кавказа будет вполне доказан, главная роль, как в Малом, так и в Большом Кавказе, будет принадлежать, повидимому, все же альпийскому комплексу, а не андийскому.

Это вполне естественно, так как современные данные по геологии Кавказа дают право думать, что андийское горообразование проявилось на Кавказе значительно слабее по сравнению с горообразованием альпийского периода, исключительно крупная роль которого в жизни Кавказа, повидимому, не может вызывать сомнений.

В связи со сказанным, считаю нужным остановиться на следующем вопросе. Анализируя металлогению Горной Осетии, я мог установить наличие зональности в распределении месторождений, причем зоны эти расположены асимметрично. Эго явление я пытался объяснять влиянием двух факторов. Во-первых, асимметричной формой самих тел неоинтрузий, имеющих пологое северное крыло и крутое или даже запрокинутое южное. С гребневой линией неоинтрузивных тел совпадают выхода неоинтрузий и вместе с ними зона гипотермальных месторождений. В силу этого отдельные термальные зоны, имеющие большую ширину к северу от линии обнажений неоинтрузий, к югу от этой линии могут отсутствовать почти совершенно.

Во-вторых, я допускал, что при постплиоценовых дизъюнктивных дислокациях южное крыло рудной области было перекрыто северным. При этом нужно было допускать чрезвычайную интенсивность дизъюнктивных нарушений в послеапшеронское время, что впрочем не является невероятным.

В то же время, принимая для части месторождений андийский возраст мы можем очень просто объяснить асимметрию Садонской рудной области надвигами, связанными с орогеническими фазами третичного периода, в частности мио-плиоцена.

В Малом Кавказе в состав альпийского текто-геохимического комплекса входят также и основные интрузии после-нижнеэоценового возраста (К. Н. Паффенгольц). Это — пояс офиолитов, протягивающийся по направлению к Ленкоранскому району, вдоль северного побережья оз. Гокча. По отношению к гранодиоритам офиолиты представляют образования несколько более древние. Оруденение, связанное с офиолитами, вполне специфично и представлено рудами тяжелых металлов.

В области Большого Кавказа офиолитовые интрузии после-нижнеюрского возраста известны в Горной Осетии (Л. А. Варданянц). Залегают

они в виде даек, секущих диабазы лейаса. Принимая во внимание то, что эти офиолиты, находясь в зоне интенсивного проявления орогенических движений альпийского возраста, почти не затронуты динамометаморфизмом, я склонен придавать им очень молодой возраст и связываю их в генетическом отношении с главными фазами альпийского орогенеза. Иначе говоря, я включаю эти офиолиты в состав альпийского текто-геохимического комплекса.

Кроме Горной Осетии офиолитовые интрузии известны нам также и в Балкарии (И. Г. Кузнецов), где они приурочены к палеозойским геологическим образованиям. В связи с этим возраст офиолитов Балкарии не поддается определению.

Таким образом мы имеем как в Малом, так и в Большом Кавказе два текто-геохимических комплекса, наложенные один на другой. Более древний из них — андийский, характеризуется только гранодиоритовыми интрузиями. Второй, более молодой (альпийский), характеризуется следующей последовательностью вулканических фаз: интрузии офиолитов, интрузии гранодиоритов и эффузии дацитов, андезитов и базальтов.

Подведем теперь некоторые итоги. Мы имеем для Кавказа четыре более или менее выявленные металлогенические эпохи.

Первая из них синхронична каледонскому периоду горообразования и по состоянию наших знаний не может быть отделена от более древних эпох. Оруденение каледонской металлогенической эпохи связано генетически с гранитными интрузиями и после многократной эрозии сохранилось только в виде гипотермальных образований. По его характеру и по его составу каледонское оруденение Кавказа до известной степени сходно с каледонским и докаледонским оруденением Сибири.

Вторая эпоха — варисцийская, синхроничная с варисцийским горообразованием. Она характеризуется офиолитовыми интрузиями и хромоникелевым оруденением.

Третья металлогеническая эпоха, приуроченная во времени к андийскому периоду горообразования (главным образом верхняя юра), вполне выявлена в Малом Кавказе и намечается предположительно в Большом Кавказе. Эта эпоха характеризуется гранодиоритовыми интрузиями и медным, а также полиметаллическим оруденением.

Четвертая металлогеническая эпоха в генетическом отношении связана с альпийским горообразованием. В полном соответствии с чрезвычайной интенсивностью орогенеза стоит в эту эпоху также интенсивность вулканизма, который проявился тремя главными фазами. С первой из них связаны

офиолитовые интрузии, со второй — интрузии гранодиоритов и с третьей — эффузии дацитов, андезитов и базальтов. Для гранодиоритовых интрузий этой эпохи очень характерно интенсивное контактовое воздействие на вмещающие породы, т. е., иначе говоря, привнос очень большого количества энергии.

Оруденение альпийской металлогенической эпохи достаточно разнообразно. С офиолитами Малого Кавказа связано оруденение тяжелыми металлами. Офиолиты Большого Кавказа в отношении оруденения пока еще не изучены.

С гранодиоритами в Малом Кавказе связаны месторождения медные, полиметаллические и железные. Это частью гидротермальные, частью контактовые месторождения. В силу эрозионной деятельности более верхние термальные зоны с полиметаллическим оруденением в Малом Кавказе частично уже удалены и сохранились лишь местами.

В Большом Кавказе с гранодиоритами связано оруденение, главным образом двух типов. Во-первых, гипотермальные жилы с мышьяком и медью, залегающие или в самих неоинтрузиях или в их контактовой зоне. Во-вторых, полиметаллические (свинцово-цинково-медные) жилы, находящиеся в довольно значительном удалении от интрузивных тел. Кроме того с гранодиоритами в Большом Кавказе связаны генетически месторождения молибдена, вольфрама, а в некоторых случаях и магнитного железняка (Дигория). Появление последнего может служить указанием на сходство геохимических процессов этой эпохи в Закавказьи и в Большом Кавказе.

В отношении его возраста оруденение альпийской эпохи приурочено в Малом Кавказе к промежутку между нижним олигоценом и мэотисом, а в Большом Кавказе к промежутку между мэотисом и концом плиоцена.

Помимо проявлений интрузивной вулканической деятельности, которая уже включена в состав описанных выше текто-геохимических комплексов, нам известны на Кавказе в после-палеозойском времени весьма интенсивные проявления и эффузивной вулканической деятельности, составляющие в их совокупности несколько более или менее выявленных фаз вулканизма. Что же касается эффузивной вулканической деятельности, палеозойского и допалеозойского времени, то таковая изучена пока еще очень слабо и поэтому я оставлю ее вне рассмотрения.

Из числа послепалеозойских проявлений эффузивной вулканической деятельности можно указать следующие более крупные.

1. Альбитофировые (кератофировые) эффузии Большого Кавказа. Возраст их нижнелейасовый или даже рэт-лейасовый.

2. Эффузии порфиритовой магмы (преимущественно выбросы туфов) широко развитые в Закавказьи. Проявились они в верхнем лейасе или в байосе (возраст их не вполне уточнен).

3. Эффузии (излияния) лавы кварц-порфирового состава, развитые в Закавказье. Возраст их лейасовый.

4. Интрузии и эффузии диабазо-порфиритового состава, широко развитые в Большом Кавказе. Возраст их не вполне выявлен, но с некоторой степенью вероятности их можно относить к верхнему лейасу.

Эти проявления эффузивной вулканической деятельности можно ставить в связь с нижнекиммерийской (рэт-лейас), нижнелейасовой и с донецкой орогеническими фазами. В целом они составляют одну сложную вулканическую фазу, проявившуюся в конце варисцийского периода горообразования.

Роль этой фазы вулканизма и ее составных частей в металлогении Кавказа неясна, но некоторые исследователи склонны придавать большое значение кератофирам и диабазам Центрального Кавказа, связывая с первыми — полиметаллическое, а со вторыми — медное оруденение.

5. Эффузии порфиритового состава, проявившиеся в пределах конца юры и начала мела. Развиты они в Закавказьи и приурочены ко времени окончания орогенических движений андийского периода горообразования. Роль их в металлогении Кавказа совершенно не ясна.

6. Порфиритовые (андезито-базальтовые) эффузии верхнемелового и палеогенового возраста, развитые широко в Закавказьи и связанные, повидимому, с началом альпийского периода горообразования. Роль их в металлогении Кавказа не ясна.

7. Дацито - андезито - базальтовые эффузии плиоценового и постплиоценового возраста, широко развитые по всему Кавказу. Они включены мною в состав альпийского текто-геохимического комплекса, как составная часть того вулканического процесса, с которым связано формирование гранодиоритовых интрузий (см. выше).

Как мною уже было указано, роль эффузивной вулканической деятельности в металлогении Кавказа пока еще не ясна, и поэтому соответствующие фазы вулканизма не включены мною в общую схему металлогении Кавказа. Надо думать, что в будущем, после новых исследований, роль этих фаз вулканизма будет выявлена и тогда мы получим возможность включить их в схему металлогении Кавказа, дополнив таковую, если это будет нужно, новыми металлогеническими эпохами.

Март 1933.
Ленинград, Сейсмологический институт.

L. VARDANIANZ. ON THE METALLOGENY OF THE CAUCASUS

SUMMARY

To the present day we can establish for the Caucasus four metallogenetic epochs.

The first epoch is synchroneous with the Caledonian period of orogeny and because of the state of our knowledge can not be divided from the more ancient epochs. The mineralisation of the Caledonian metallogenetic epoch is genetically related to the granite intrusions, and after numerous periods of erosion, it remains only as hypothermal formations. By its character and by its omposition the Caledonian mineralisation of Caucasus is similar to the Caledonian and to the Pre-Caledonian mineralisation of Siberia.

The second — the Variscinian epoch is synchroneous with the Variscinian orogeny. It is characterised by its ophiolithic intrusions and chrome-nickel mineralisation.

The third metallogenetic epoch, connected with the Andinian period of orogeny (especially during the Upper Jurassic) is well expressed in the Little Caucasus and is traced hypothetically for the Main Caucasus. It is characterised by granodiorite intrusions and copper and polymetallic mineralisation.

The fourth metallogenetic epoch is genetically related to the Alpinian orogeny. In accordance with the extreme intensity of the orogeny are the strong volcanic phenomena of this epoch, which may be divided into three chief phases. With the first one are connected the ophiolyth intrusion, with the second — the intrusions of granodiorites, and with the third — the effusions of dacites, andesites and of basalts.

The granodiorite intrusions are very characteristic for their strong contact effect on the including rocks, which is an indication on the insertion of a very large amount of energy.

The mineralisation of the Alpinian metallogenetic epoch is rather various. With the ophioliths of the Little Caucasus is connected the mineralisation with heavy metals. The ophiolits of the Main Caucasus concerning their ore-bearing character are studied insufficiently.

With the granodiorites of this epoch in the Little Caucasus are connected the copper- and iron- ore deposits. These are partly hydrothermal, partly contact deposits. Due to the erosion activity, the uppermost thermal zones with polymetallic mineralisation are in the Little Caucasus already removed and remain only locally.

In the Main Caucasus with the granodiorites of Alpinian age is connected a mineralisation of two chief types. There are first, hypothermal veins with arsenic and copper, cutting through the granodiorites themselves or their contact zone. Second, polymetallic (lead-zinc-copper) veins, occuring at a rather long distance from the intrusive bodies. Moreover, to the granodiorites of the Main

Caucasus are genetically related the deposits of molibdenum, of tungsten and, in any cases, probably, of magnetite. The occurence of the last one may perhaps be considered as an indication on the similarity of the geochemical processes of the Alpinian metallogenetic epoch in the Little Caucasus and in the Main Caucasus.

As to the age of the mineralisation of the Alpinian epoch, it is referred in the Little Caucasus to the interval between the Lower Oligocene and the Maeotic, and in the Main Caucasus — between Maeotic and the end of the Pliocene.

Besides the intrusive volcanic phenomena, we know in the postpaleozoic times in the Caucasus also effusive phenomena. They compose in general several independent volcanic phases, the principal of which are referred as follows: the first one — to the Lias; the second — to the limit between the Jurassic and the Cretaceous, and the third — to the Paleogene. The paleozoic and the prepaleozoic phenomena of the effusive activity are poorly investigated.

By their composition, the effusions are chiefly porphyritic or similar to them. More seldom they are quartz porphyries and albitophyrs. The rôle of the effusive volcanic activity in the metallogeny of Caucasus is obscure, and therefore, till new investigations shall be performed, they are not included in the scheme of metallogeny of Caucasus.

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК СССР. 1933
BULLETIN DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'URSS
Classe des sciences mathématiques et naturelles
Отделение математических и естественных наук

ВЛИЯНИЕ БОРА И ДРУГИХ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА РАЗВИТИЕ ЛЬНА

М. Я. ШКОЛЬНИКА

(Представлено академиком **А. А. Рихтером***)*

По вопросам зольного питания льна в водных культурах очень мало работ. Одной из основных причин, обусловивших такое положение, является неудача, которая постигла многих исследователей: им не удавалось вырастить лен в водных культурах на нормальных питательных смесях, приготовленных на дестиллированной воде (Стольгане, 24; Кудрявцева, 15; Цинцадзе 25).

Цинцадзе, проводя испытание различных питательных смесей, приготовленных на дестиллированной воде для целого ряда культур, получал у 9 культур вполне нормальное развитие, с разной урожайностью в зависимости от питательной смеси, и только лен ни на одной питательной смеси не развивался и погибал.

В песчаных культурах удается выращивать нормальные растения льна (Шулов и Морозов, 31 и др.), однако, этого не всегда легко достигнуть. Якушкин (32) в своей работе пишет: «нормально развитый лен получить в песке нелегко».

Невозможность получения льна в водных культурах на питательных смесях, приготовленных на дестиллированной воде, при необходимости применения метода водных культур для изучения вопросов зольного питания, заставляет исследователей выращивать лен на питательных смесях, приготовленных на водопроводной воде.

Демиденко (10) добился получения хороших растений льна на питательной смеси, приготовленной на дестиллированной воде, но только при условии предварительного выдерживания проростков в течение 8—10 дней на водопроводной воде.

Таким образом, изучение вопросов питания льна, в последнее время особенно важное благодаря все большему расширению этой культуры,[1] тормозилось в значительной степени невозможностью выращивать лен в водных культурах.

Ни в коем случае нельзя считать решением вопроса выращивание льна на питательной смеси, приготовленной на водопроводной воде, потому что последняя содержит в значительном количестве необходимые для роста растений питательные элементы. Имеющиеся в водопроводной воде элементы дают возможность льну долгое время развиваться без прибавления питательной смеси (см. фиг. 1).

Еще в 1699 г. Вудворт (8) получил значительный привес у растений, выращенных на водопроводной воде по сравнению с выращенными на дождевой воде:

Источник воды	Вес растений в граммах		Прибавили за 77 дней
	При посадке	При уборке	
	Семена		
Дождевая вода	28.25	45.75	17.50
Вода р. Темзы	28.00	54.00	26.00
Водопровод Гайд-Парка	110.00	249.00	139.00

Нет сомнения, что при частой смене водопроводной воды можно без внесения питательной смеси способствовать еще более развитию растений и может быть даже довести их до созревания (Дюамель [11] в 1758 г. выращивал весьма успешно различные деревья на речной воде), а в работах по зольному питанию льна в водных культурах как раз и применялась частая смена питательной смеси и отсюда частая смена водопроводной воды.

Таким образом водные культуры, являющиеся незаменимым методом, когда нужно обеспечить условия точного физиологического опыта, когда нужен точный учет и изучение вносимых факторов, их взаимодействия и вызываемых ими закономерностей, являющиеся особенно благодарным методом для разработки различных проблем в области поступления веществ через корневую систему, значительно теряют свои ценные особенности, если выращивание их ведется на питательной смеси, приготовленной на во-

[1] СССР теперь сосредоточил у себя 90% всей мировой площади льна на волокно.

допроводной воде, благодаря тому, что в этом случае вносится целый ряд неподдающихся учету элементов, что затрудняет управление процессом.

Больше того, как мы увидим ниже, водные культуры, даже на дестиллированной воде, но без соответствующей очистки солей и без парафинирования сосудов, тоже не могут полностью отвечать требованиям полной чистоты и отчетливости.

Выдерживание же проростков льна 8—10 дней на водопроводной воде, с перенесением их после этого на питательную смесь, приготовленную на дестиллированной воде, конечно, является гораздо более приемлемым по сравнению с выращиванием на водопроводной воде, но тоже не может являться решением вопроса, потому что, как известно из работ Дево, Женевуа, Сабинина, Литвинова, Туевой, Рюс-Де-Лавизон — и других, корневая система растений в краткий срок способна поглотить значительные количества ионов и использовать их в последующий период.[1]

Таким образом, отчетливое решение вопроса, с какими условиями связано получение нормальных растений льна в водных культурах, является еще не решенной задачей.

Чтобы решить эту задачу, необходимо выяснить следующие три вопроса:

1. Причину неудач выращивания льна в питательной смеси на дестиллированной воде.

2. Причину возможности выращивать лен на питательной смеси, приготовленной



Фиг. 1. 35-дневные растения льна, выросшие на одной водопроводной воде без добавления питательной смеси (водопров. вода не сменялась).

[1] Следует еще учесть, что у Демиденко растения несколько раз в продолжение вегетационного периода временно пересаживались на водопроводную воду с железом для лечения их от хлороза.

на водопроводной воде, или при 8—10-дневном выдерживании на водопроводной воде с перенесением после этого на питательную смесь, приготовленную на дестиллированной воде.

3. Дать объяснение хорошему развитию корневой системы льна на водопроводной воде.

По первому вопросу Цинцадзе (25) пишет: «Вышеприведенные смеси (Гельригеля, Кроне, Кроне-измененная, Цинцадзе) мы сравнивали и для льна, но растения погибли. Повидимому, ни одна из этих смесей не годится для льна».

Что нет универсальной питательной смеси, пригодной для всех положительно растений, что каждое растение требует своей особенной питательной смеси, обеспечивающей данному растению максимум урожая, является несомненным выводом из работ Якушкина (32), Стольгане (24), Арнольди (1) и др., но что в данном случае объяснение гибели льна нужно искать в других причинах, лучше всего доказывает тот факт, что у Демиденко (10) при условии, если только растения предварительно выдерживались 8—10 дней на водопроводной воде, на тех же самых смесях получались довольно хорошие урожаи, особенно на смесях Кроне и Кроне-измененная, которые обеспечивали максимум урожая.

По второму вопросу мы встречаем у Демиденко (10) такое указание: «Лен перед посадкой выдерживался на водопроводной воде в течение 9 дней. Это было сделано для того, чтобы растения развивали длинную и здоровую корневую систему». Тот факт, что 10-дневную выдержку на водопроводной воде делали другие исследователи даже в случае, если у них лен весь период вегетации развивался на питательной смеси, приготовленной на водопроводной воде, говорит за то, что эта выдержка рассматривалась как предварительный этап, нужный растению до помещения на питательную смесь для развития корневой системы льна, являющейся более слабой по сравнению с корневой системой злаков.

Отсутствие ответа на первые два вопроса не могло дать ответа и на третий.

Для решения указанных вопросов нами были положены в основу следующие данные: Мак-Мартри (20) в своей работе, опубликованной в 1930 г., указывает, что у растений табака, получивших в питательной смеси (приготовленной на дестиллированной воде) только шесть обычно считаемых за необходимые для жизни растений питательных элементов (азот, фосфор, калий, кальций, магний, железо), начинаются повреждения точек роста: растения болеют и не могут нормально развиваться, у них

отсутствует цветение, а иногда они и совсем гибнут, внесение же в питательную смесь бора дает нормальное развитие табака.

Нормальное развитие можно также получить и не внося бора, если растения выращивать на питательной смеси из шести элементов без бора, но приготовленной на водопроводной воде.

Белоусов (2) в своей работе с сахарной свеклой доказал, что считавшееся раньше заболеванием свеклы так называемое «гниение сердечка или сухая гниль» на самом деле является физиологическим расстройством жизнедеятельности растений, вызванным недостатком бора и что указанная «болезнь» исчезает, если в раствор внести бор; внесением бора в питательную смесь ему удалось вырастить в водных культурах нормальные, крупных размеров, экземпляры сахарной свеклы, чего нельзя было достигнуть без бора.

О положительном действии бора при культуре высших растений говорят еще следующие работы: Мазэ (17 и 18), с маисом, где исключение бора из питательной смеси сильно понижало урожай; например, сухой вес растений через 43 дня был 7.205 г, при исключении же бора — только 3.29 г, работы Брэнчли (5) с ячменем и горохом, работы Брэнчли и Торнтона (7) с бобовыми, доказавшие, что без бора получается у *Vicia faba* значительно меньшее количество клубеньков (без бора клубенькок 9, с бором 13, 38, 65, 146; в таком же растворе с избытком нитрата и иным pH было получено: с бором 210—113 клубеньков, без бора 0 и 17) и другие работы. Об эффективности бора для *Vicia faba* говорят нам также данные в работе Горского (9). Особенно интересными являются работы последнего периода (1925—1932).

Из них заслуживают особого внимания следующие работы: Брэнчли и Уорингтон (6) по влиянию бора на *Vicia faba*; в этой работе имеются такие данные: полная питательная смесь с бором дает сухой вес растений — 12.82 г, без бора 5.15 г. Значительная прибавка в урожае получилась на всех 10 разных испытывавшихся питательных смесях.

Работы с томатами Джонстона и Дорэ (13): внесением бора они достигли ускорения цветения томатов по сравнению с контрольными на 2—3 недели, они также обнаружили совершенно ненормальное анатомическое строение у неполучивших бор растений. Джонстон (12) доказал необходимость бора для картофеля. Шванбэк (30) на табаке доказал большое значение бора в питательной смеси; если урожай контроля через 60 дней 100%, то с прибавление бора 281, 316, 291, 333%.

В приведенной нами выше работе Мак Мартри (20) тоже доказана необходимость бора для табака, работа Смирнова (22) тоже с табаком под-

твердила данные Мак Мартри; этим автором бор изучался в связи с реакцией питательного раствора и источниками азота.

Интересными еще являются работы Хааса (26, 27, 28) в Калифорнии с влиянием бора на рост апельсинного и лимонного деревьев и винограда.

Проходим мимо ряда работ, доказывающих эффективность действия бора для многих растений: гречихи, фасоли, подсолнечника, гороха, сои, шпината, клевера, люпина, астры, хризантемы, вьюнка, маттиолы и других.

По влиянию бора на лен нам известна только одна работа Зоммер и Липман (14), где лен на ряду с целым рядом других растений (подсолнечником, хлопком, ячменем, гречихой и горчицей) выращивался в питательной смеси, содержащей

$$KNO_3,\ KH_2PO_4,\ MnSO_4,\ Al_2(SO_4)_3,\ Na,\ Zn,\ Cu,\ F \text{ и } J.$$

Бор вносился в одной только дозировке — 0.5 мг на литр. Получились следующие результаты:

на 26 день лен без бора высота 1—1.5 дм., листьев 4
» » » » с бором » 4 » » 25

Больше данных про лен в этой работе нет, но и эти небольшие данные говорят о значении бора для льна.

Такое большое количество фактического материала о значении бора для большого количества разных видов растений давало право строить предположение о необходимости бора и для льна и для объяснения положительного действия водопроводной воды наличием в ней бора. Последняя работа из цитированных послужила решающим моментом для построения этого предположения. Но одновременно возникал еще вопрос, можно ли действие водопроводной воды объяснить наличием одного только бора, т. е. будет ли достаточно для выращивания нормальных растений льна на питательной смеси, приготовленной на дестиллированной воде, прибавления одного только бора.

Правда, большинство работ как Мак Мартри (20) с табаком, Хааса (26, 27, 28) с апельсинным и лимонным деревом, Белоусова (3) с сахарной свеклой говорили за то, что помимо обычных питательных смесей достаточно одного бора, чтобы достигнуть нормального роста этих растений.

Но с другой стороны ряд работ заставляет считаться и с такими элементами, как Mn, Al, Cu, F и J и др., например у Мазэ (17) на питательной смеси + 5 элементов B, Al, F, J и As сухой вес кукурузы через 43 дня был — 7.205 г.

При исключении	бора	3.290 г
» »	алюминия	4.748 »
» »	фтора	5.328 »
» »	иода	5.575 »

Значение бора и здесь остается первоочередным, однако исключение и Al, J и F — тоже дает значительное снижение урожаев.

В литературе имеется много данных о благоприятном влиянии Mn, Al, Cu, J, F и др. элементов как на низшие, так и на высшие растения, например работы Бертрана, Мазэ, Брэнчли, Стоклаза, Мак Хэрка и Шида, Самуэль и Пипер, Гильтера, Шарера, Гопкинса, Азо, Бокорни, Успенского, Гальцева и много других.

Из этих дополнительных элементов (помимо бора) для нас представлял особый интерес марганец и вот по каким соображениям: лен в водных культурах (даже на водопроводной воде) сильно страдает от хлороза. Всякому работавшему с водными культурами льна, хорошо известно, что несвоевременное лечение от хлороза внесением дополнительного железа (в молодом возрасте через каждые 3—4 дня) ведет часто к гибели льна.

Согласно данным, имеющимся в литературе, растения, получившие Mn, выглядят здоровее и зеленее, чем растения, не получившие его (Бореш, 4 и др.).

Ли и Мак Хэрк (16) доказывают, что недостаток Mn является причиной хлоротичного состояния листьев. Удобрение вызывает не только позеленение листьев, но и увеличение содержания в них крахмала и сахара. Манн (19) в 1930 г. показал, что даже опрыскивание хлоротичных растений раствором сернокислого марганца, погружение отдельных листьев в раствор этой соли излечивает от хлороза и придает растениям нормальный и здоровой вид.

Это физиологическое значение Mn представлялось нам особенно важным при выяснении условий, обеспечивающих выведение нормально развитых льняных растений.

Все эти данные легли в основу построенного нами предположения, сводящегося к следующей формулировке:

1. Причиной невозможности выращивания льна в питательной смеси на дестиллированной воде является (несмотря на загрязненность дестиллированной воды, солей и сосудов) недостаточное наличие бора, а может быть и марганца и других дополнительных элементов; внесение этих элементов в питательную смесь должно обеспечить возможность получения нормального роста льна в водных культурах.

2. Особенностью водопроводной воды, дающей возможность вырастить нормальные растения льна, является, очевидно, наличие в ней в необходимом количестве указанных выше дополнительных элементов.

3. Хорошее развитие корневой системы на водопроводной воде находится в зависимости от дополнительных элементов, имеющихся в водопроводной воде.

Выяснение последнего вопроса имеет для льна важное значение. Очень распространено мнение, что у льна плохо развитая корневая система. Модестов (21), не согласный с этим, должен однако признать на основании своего материала, что: «мнение льноводов, что лен сравнительно с хлебами имеет слабую корневую систему, остается, как видно, в силе», и выяснение факторов, обеспечивающих мощную корневую систему льна имеет, конечно, большое практическое значение.

Для выяснения значности бора и некоторых других элементов нами были поставлены два ряда вегетационных опытов:

Первый вариант — выясняющий роль одного только бора, и второй вариант, выясняющий роль остальных дополнительных элементов (Mn, Al, Cu и J), внесенных в комплексе без бора и с разными дозировками бора.

Кроме этих двух вариантов, выращивались еще растения льна на питательной смеси Кронэ, приготовленной на водопроводной воде без внесения бора и без остальных дополнительных элементов. Отметим, что работы по выяснению влияния этих элементов требуют большой чистоты опытов и изоляции посторонних факторов.

Обеспечение этой стороны шло у нас в следующем направлении:

1. Согласно имеющимся в литературе сведениям, «дополнительные» элементы имеются в значительном количестве (часто вполне достаточном для полного удовлетворения растения в них) в реактивах, употребляемых для питательных смесей. Они также могут вымываться из стекла сосудов, в которых эти питательные смеси находятся. Даже в дестиллированной воде могут быть следы бора (Белоусов, 3).

Чтобы лишить растения этих источников дополнительных элементов, мы перекристаллизовывали соли 3 раза, сосуды парафинировались, проращивание проводилось на беззольных фильтрах.

2. Питательные смеси были у нас бессменными, что конечно должно было неблагоприятно отозваться на развитии растений; это нам диктовала опять-таки необходимость добиться чистоты опыта. Дело в том, что как бы тщательно мы ни очищали соли, однако, какое-то загрязнение остается,

и благодаря частой смене растворов мы получили бы в сумме большое загрязнение. Это видно из урожайных данных Брэнчли и Уорингтона (6).

	Редкая смена растворов	Частая смена растворов
Без бора	6.78 г	19.21 г
B = 1:80 000 000	9.19 »	19.77 »
B = 1:40 000 000	12.20 »	24.65 »
B = 1:10 000 000	16.13 »	21.16 »
B = 1: 2 500 000	17.32 »	28.04 »

При редкой смене растворов без бора вес растений—6.78, с внесением бора в количестве 1:80 000 000 частей раствора—9.19; при частой смене разница сглаживается и в первом случае вес 19.21 г, во втором—19.77 г.

3. Чтобы исключить различное действие pH и поставить растения в одинаковые условия pH нами была взята буферная питательная смесь Кронэ, которая при значительной буферности дает благоприятное для льна pH—6.6.

Насколько указанная питательная смесь удовлетворила вышеуказанным требованиям, видно из табл. 1. Эта таблица показывает, что во всех сосудах было вначале вегетации почти одинаковая pH от 6.5 до 6.6; такое незначительное колебание, согласно имеющимся данным, не может иметь сколько-нибудь существенного значения. Максимум сдвига pH в течение вегетации всего 0.4, причем (что особенно важно) во всех сосудах почти в одинаковой степени.

Опыты были начаты сравнительно поздно, так как посев был произведен 14 июня.

Семена предварительно тщательно отбирались и промывались. Проращивание проводилось на беззольных фильтрах в чашках Петри; через 2 дня после посева, когда длина появившихся корешков достигла 3—4 см и семена еще не очистились от семенной кожуры, они были пересажены на питательную смесь по указанной в табл. 1 схеме, по 10 растений на сосуд, на крышки из парафинированной марли; позже они были пересажены на постоянные фанерные крышки (через 6 дней).

Растения выращивались в оранжерее, заполненной большим количеством крупных растений, что создавало, к сожалению, условия чрезмерной влажности и чрезмерного затенения. Повторность культур трехкратная.

В экспериментальной постановке опытов принимал участие аспирант С. И. Радченко.

Таблица 1

Динамика pH в питательной смеси за вегетационный период

№ сосудов				Среднее из 3-х сосудов		
I повторение	II повторение	III повторение		17 VI	21 VII	15 X
			1-й вариант			
101	126	151	Питательная смесь Кронэ без B	6.6	6.8	6.9
102	127	152	Питательная смесь Кронэ + B — 0.2 мг	6.5	6.8	6.9
103	128	153	» » » + B — 0.5 »	6.6	6.8	6.9
104	129	154	» » » + B — 1.0 »	6.6	6.8	6.9
105	130	155	» » » + B — 3.0 »	6.5	—	6.9
106	131	156	» » » + B — 5.0 »	6.6	6.8	7.0
107	132	157	» » » + B — 7.0 »	6.6	6.9	6.9
108	133	158	» » » + B — 10.0 »	6.6	—	6.9
109	134	159	» » » + B — 20.0 »	6.6	—	—
110	135	160	» » » + B — 50.0 »	6.6	6.8	—
			2-й вариант			
116	141	166	Питательная смесь + ост. дополн. эл. без B	—	6.7	6.5
117	142	167	» » + » » » + B — 0.2 мг	—	6.7	6.5
118	143	168	» » + » » » + B — 1 »	—	6.7	6.7
119	144	169	» » + » » » + B — 5 »	—	6.7	6.6
120	145	170	» » + » » » + B — 5 »	—	6.7	6.5
125	150	175	» » на водопроводной воде без прибавления дополнительных элементов	6.7	6.9	6.9

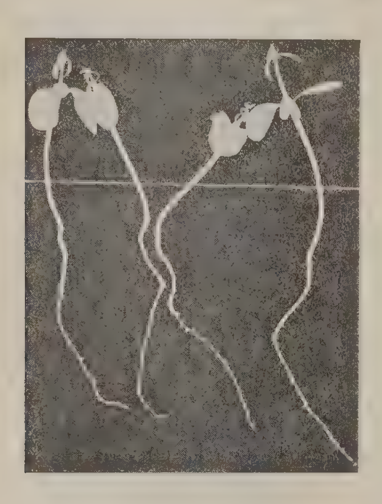
Влияние бора на корневую систему.

Уже через 2—3 дня после пересадки на питательную смесь рельефно выявилась картина влияния бора на корневую систему.

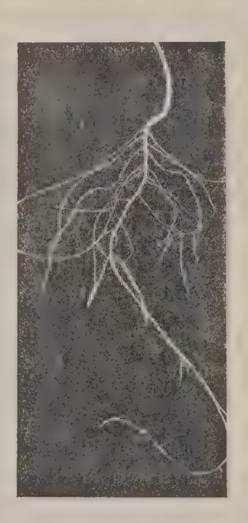
В то время, как надземная часть во всех сосудах была развита одинаково, т. е. имелось по одной паре семядольных листьев, в корневой системе сразу же выявилось большое различие в зависимости от наличия бора.

В сосудах, где отсутствовал бор (в 1 варианте), в случае, если не было бора и не было других дополнительных элементов (см. табл. 1 сос. 101, 126, 151) так и (во 2 варианте) в случае, если были остальные дополнительные элементы — но не было бора (см. табл. 1, сос. 116, 141, 166), корневая система состояла из небольшого главного корня, без бо-

ковых корешков; лишь позже начали появляться боковые корешки, однако, они почти не двигались в рост из стадии бугорков и проявляли все признаки сильного угнетения, в то время, как в сосудах, где был бор (как в 1, так и во 2 вариантах), начиная с 0.2 мг на 1 л (и особенно, начиная с 0.5 мг на литр и больше), боковые корешки появились раньше в большом количестве и очень быстро росли, имея здоровый вид (см. фиг. 2 и 3).



Фиг. 2. Корневая система 13-дневных растений льна, выращенных на питательной смеси без бора.



Фиг. 3. Корневая система 13-дневного растения льна, выращенного на питательной смеси + 0.5 мг бора на 1 литр.

С каждым днем это влияние бора на корневую систему выступало все более и более рельефно. Через 17 дней после пересадки на питательную смесь, 4 VII, картина развития льна была следующей. При почти одинаковой или мало отличающейся надземной части (стебель и листья), корневые системы резко отличались друг от друга, а именно: на питательной смеси без бора и без дополнительных элементов (1 вар., сос. 101, 126, 151) корни слабо развиты, боковые коротенькие корешки лишь намечены, на питательной же смеси с 0.2 мг бора корневая система гораздо лучше развита, боковые корешки гораздо большей длины, и особенно хорошо развитая с большим количеством длинных боковых корешков корневая система в сосудах с 0.5 мг 1, 2, 3, 5, 7 мг бора. Начиная с 10 мг и больше до 50 мг бора корневая система все же гораздо лучше, чем в сосудах без бора, но значительно хуже, чем в сосудах с бором от 0.5 до 7 мг;

это нужно отнести, как это будет видно ниже, за счет вредного действия повышенных доз бора.

Во 2 варианте действие бора на корневую систему выступает не с меньшей силой. Сосуды со всеми дополнительными элементами, но без бора (сос. 116, 141, 166) своим плохим развитием, короткими размерами боковых корешков, сильно отличаются от остальных сосудов, получивших кроме остальных дополнительных элементов еще бор в разных дозировках. Но здесь мы встречаемся, помимо действия бора на корневую систему еще с некоторым, правда незначительным, действием и других элементов из группы Mn, Al, Cu и J.

Остановимся подробнее на этом.

Если сравнить 1-й вариант со 2-м, то получается следующее: как в 1-м варианте, т. е. в случае, если в питательной смеси нет ни бора, ни остальных дополнительных элементов, так и во 2-м варианте, т. е. в случае, когда в питательной смеси нет бора, но есть остальные дополнительные элементы, корневая система в одинаковой степени плохо развита, боковые корешки очень короткие, плохо развитые в обоих случаях, но главный корень во 2-м варианте немного длиннее, чем в 1-м варианте, что находится, очевидно, в зависимости от действия какого-либо или каких-либо элементов из группы Mn, Al, Cu и J, которые имеются во 2-м варианте.

Нельзя, однако, ограничиться простым констатированием действия бора и действия остальных дополнительных элементов на корневую систему, нужно выделить, какой из этих факторов является решающим.

Решающим в отношении развития корневой системы, безусловно, является бор, без него, даже при наличии остальных дополнительных элементов, корневая система не только просто плохо развита, но имеет определенно ненормальный вид (см. фиг. 4, 8), а именно: главный и боковые корни утолщены, на концах несут вздутия, рост этих корней приостанавливается и скоро наступает разрушение в зоне роста корня.

Таким образом, бор дает мощную по развитию, с большой боковой сетью корней, корневую систему (см. фиг. 3, 5, 6, 7, 8 и табл. 2). Это имеет большое практическое значение, потому что, чем больше корневая система разветвлена, чем больше ее соприкасающаяся с почвой поверхность, тем больше она может усвоить питательных веществ за единицу времени и тем меньше концентрация питательного раствора, в котором она нуждается.

Далее бор дает не только большое количественное увеличение корневой системы, но и большое увеличение ее качества, дает нормальную, здоровую корневую систему, чего нет без бора (см. фиг. 2, 3, 4, 5).

Данные по корневой системе дали нам также объяснение сущности благоприятного действия водопроводной воды. Сразу через несколько дней после пересадки начали оправдываться наши предположения по этому вопросу. Лён на питательной смеси, приготовленной на водопроводной воде без внесения дополнительных элементов имел почти такую же мощную по длине и по сети боковых корешков корневую систему, как и растения,



Фиг. 4. Корневая система 30-дневных растений льна, выращенных на питательной смеси без бора.



Фиг. 5. Корневая система 20-дневных растений льна, выращенных на питательной смеси + 0.5 мг бора на 1 литр.

получившие бор и остальные дополнительные элементы, что говорило за то, что в водопроводной воде имеется в необходимом количестве бор и другие дополнительные элементы.

Правда, боковые корешки в сосудах с водопроводной водой были немного менее обильны, чем в сосудах с бором; но это, очевидно, говорило только о недостаточном (меньшем, чем 0.2 мг бора на литр) количестве бора в водопроводной воде, что и нашло свое подтверждение в дальнейшем росте растений, о чем будет указано ниже.

Таким образом, выяснилась причина хорошего развития корневой системы на водопроводной воде. Однако, если вопрос о влиянии бора на корневую систему был для нас вполне выясненным, то вопрос о том, какой или какие элементы из группы Mn, Al, Cu и J влияют на удлинение главного

Вес корневой системы[1]

	Воздушно-сухой вес корней в миллиграммах			Среднее в мг	Среднее в %
	I повторение	II повторение	III повторение		
1-й вариант					
Питательная смесь без бора и без ост. дополн.	12	25	15	17	100
» » + 0.2 мг бора без ост. дополн.	40	29	40	33	194
» » + 0.5 » » » » »	70	—	42	56	329
» » + 1.0 » » » » »	65	50	—	57	335
» » + 3.0 » » » » »	80	75	45	67	394
» » + 5.0 » » » » »	40	80	80	67	394
» » + 7.0 » » » » »	62	40	65	56	329
» » + 10.0 » » » » »	—	25	40	32	188
» » + 20.0 » » » » »	30	30	30	30	176
» » + 50.0 » » » » »	20	—	20	20	117
2-й вариант					
Питательная смесь с ост. дополн. эл. без бора	57	—	82	70	100
» » » » » » + B — 0.2 мг	122	130	130	127	181
» » » » » » + B — 1 »	112	125	140	126	180
» » » » » » + B — 5 »	90	100	138	109	156
» » » » » » + B — 20 »	42	35	—	38	54
» » на водопроводной воде без доп. эл.	175	175	—	175	250

корня оставалось неясным, потому что эти элементы не были расчленены и действовали в комплексе. Для того, чтобы выяснить этот и целый ряд других вопросов (как это будет видно ниже) мы и поставили дополнительный опыт по такой схеме:

Схема дополнительного опыта

1. Контроль — питательн. смесь без бора и без ост. дополн. элементов.
2. Питательн. смесь + B — 0.5 мг на литр
3. » » + Mn 1. 5 » » »

[1] При изучении этой таблицы нужно учесть, что цифры не отражают в достаточной мере эффекта от бора, на самом деле эффект от бора еще больший, чем это можно было бы судить по цифрам, потому что бор дает очень большое количество боковых очень тонких корешков, которые очень легки и таким образом рабочей поглощающей поверхности гораздо больше по бору, чем это выходит по цифрам.

4. Питательн. смесь + B + Mn (в указанных дозах)
5. » » + Cu
6. » » + Al
7. » » + J
8. » » + все дополн. элем. кроме Mn
9. » » + » » »
10. » » на водопроводной воде без дополн. элементов.

Этот дополнительный опыт был поставлен поздно (август) и, конечно, не мог дать хорошего развития растений, но ответ на некоторые вопросы мы получили (см. фиг. 6).

Во всех питательных смесях, содержавших бор (см. по схеме дополнительн. опытов 2, 4, 8, 9) было мощное развитие здоровой корневой системы, как и на питательной смеси, приготовленной на водопроводной воде.

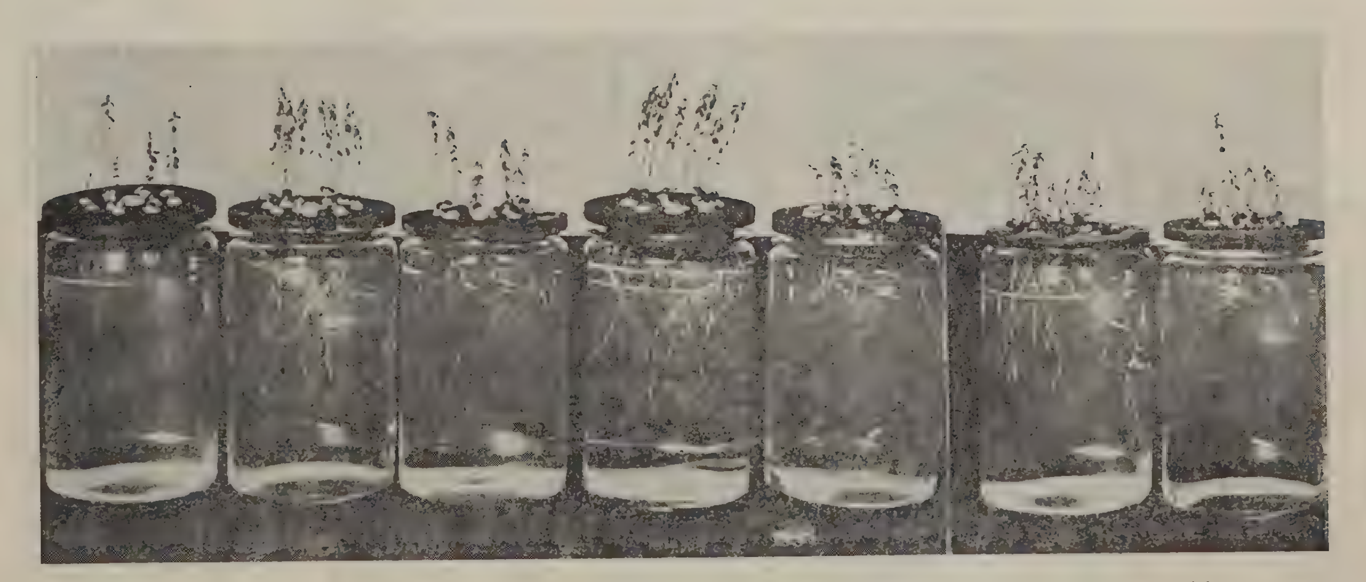
Во всех питательных смесях, не содержащих бора (питат. см. 1, 3, 5, 6, 7) корневая система была очень плохо развита: короткая с очень плохим развитием боковых корешков, корни имели ненормальный нездоровый вид.

Но из всех этих питательных смесей выделялась смесь 6, в которую был внесен алюминий; на ней при такой же ненормальной, нездоровой, с плохим развитием боковых корешков, корневой системе получился более длинный главный корень, чем во всех остальных питательных смесях без бора (см. фиг. 6), что говорит об участии алюминия в удлинении главного корня; это находится в полном соответствии с данными, полученными Стоклазой (23) о влиянии алюминия на корневую систему злаковых.

Однако, полного ответа мы не получили, потому что не было таких комбинаций, как, например, B + Al и целого ряда других, необходимых для изучения элементов в их взаимодействии. Подводя итоги полученным результатам по действию бора на корневую систему, отметим, что наряду с уже известным значением бора для развития наземных частей, не должна упускаться из виду и роль его в формировании корневой системы.

Влияние бора и других дополнительных элементов на развитие надземной части и на общий урожай льна

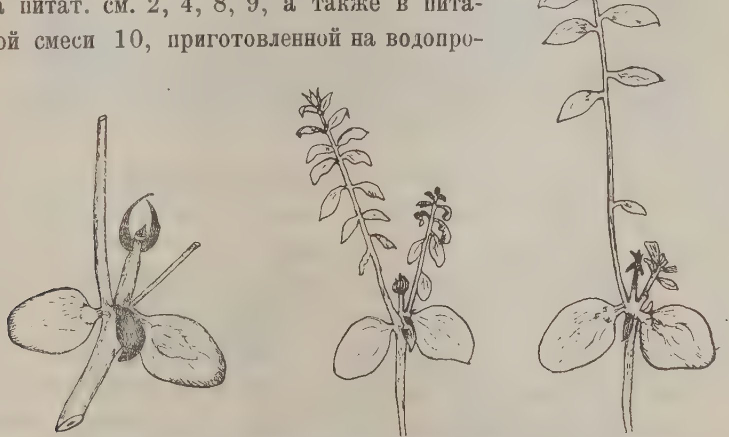
Появление симптомов ненормальности в росте надземной части льна, в связи с невнесением бора и других дополнительных элементов в питательную смесь зависит еще, очевидно, от целого ряда факторов и поэтому в основных опытах (1 и 2 варианты), поставленных в начале июня и в дополнительном опыте (см. схему дополнительных опытов), поставленном гораздо позже, в августе, скорость появления этих симптомов была неодинаковой.



Фиг. 6. Дополнительный опыт. 1 сос. питательной смеси без бора, 2 сос. п. с. + 0.5 мг бора, 3 сос. п. с. + 0.00015 г $MnSO_4$, 4 сос. п. с. + бор + марганец, 5 сос. п. с. + 0.000125 г $CuSO_4$ 6 сос. п. с. + 0.005 г $Al_2(SO_4)_3$, 7 сос. п. с + 0.00025 г KJ.

В основных опытах действие бора и других дополнительных элементов на надземную часть начало проявляться не сразу после первых дней роста, а немного позже, дней через 15—20, в дополнительных же опытах это действие бора проявилось с первых же дней и гораздо более рельефно.

Остановимся сейчас на дополнительном опыте, чтобы потом при более широком обсуждении основных опытов использовать эти данные. В дополнительном опыте картина развития льна была следующей: растения, получившие бор как добавку к основной питательной смеси, как в случае, если добавлен один только бор, так и при добавке дополнительно к бору еще марганца или всех дополнительных элементов (см. схему дополнит. опыта питат. см. 2, 4, 8, 9, а также в питательной смеси 10, приготовленной на водопро-



Фиг. 7. Растения льна с отмершими точками роста у центрального стебелька и с появившимися после этого боковыми разветвлениями.

водной воде) давали хороший для позднего посева рост, быстрое появление стебля и правильное хорошее развитие его, без каких либо ненормальностей в точке роста (см. фиг. 6). Растения же, не получившие бор, независимо от того, получили ли они в виде добавления к питательной смеси Mn, Al, Cu, J (отдельно каждый элемент) или не получали никакого добавления, задерживали появление стебелька, появившиеся стебельки плохо развивались, вместо осевого из пазухи семядолей вырастали новые боковые стебли, до или после появления которых точка роста у центрального стебелька отмирала; через некоторое время у боковых стеблевых разветвлений тоже начиналось отмирание точек роста (см. фиг. 7).

Отмирание точки роста у центрального стебелька часто наступало скоро после начала развития, когда стебелек достигал всего 1—2 см в длину.

К еще более быстрому отмиранию точки роста нужно отнести случаи, когда появление стебелька особенно задерживалось и в течение около 10 дней развитие останавливалось на семядольных листочках, из которых не появлялось стебелька, а после 10 дней в пазухе семядолей образовывалось по 2—3 стебелька сразу, очевидно в результате отмирания точки роста, наступающего еще до выхода из пазухи семядолей.

В основном опыте рост растений происходил таким образом: первые 12—15 дней рост надземной части во всех сосудах был почти одинаковый, в то время, как действие бора на корневую систему было уже очень значительным.

Через 12—15 дней начали отставать в росте растения, получившие больше 7 мг бора на один литр, что говорило о ядовитом действии для льна дозировок выше 7 мг.

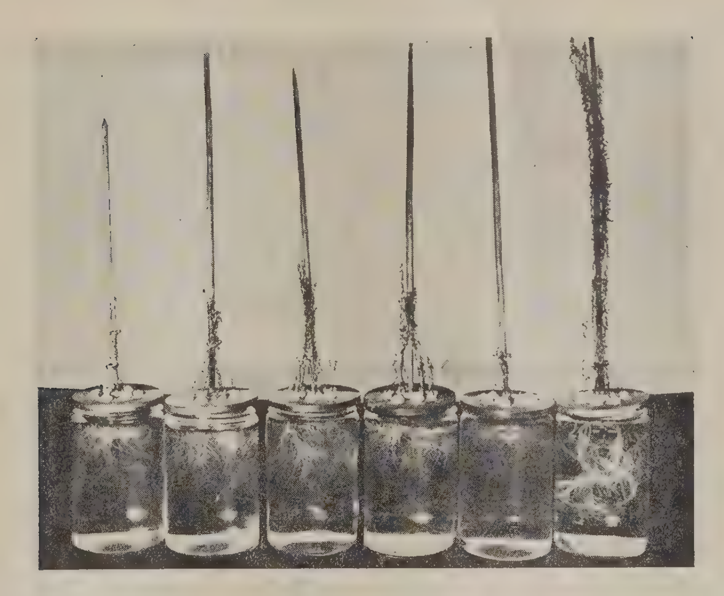
Это подтвердилось дальнейшим ходом роста, так как растения с дозировками выше 7 мг вскоре погибли.

Затем на 18—20 день, началось отставание в росте растений, не получивших бор как в 1, так и во 2 варианте.

Еще позже, на 23—24 день наметились различия между первым и вторым вариантами. Растения как 1, так и 2 вариантов скоро, через 8—10 дней после пересадки на питательную смесь, начали страдать от хлороза. Для лечения от хлороза мы добавляли лимоннокислое железо непосредственно в питательную смесь в количестве $^1/_{10}$ первоначально внесенной нормы; растения после этого оправлялись, зеленели, но не надолго и поэтому вначале, каждые 2—3 дня (а потом реже) приходилось вносить железо. На 23—24 день получившие бор растения 1 варианта, несмотря на то, что они получили одинаковое количество железа с растениями 2 варианта, все еще сильно страдали от хлороза, отличались желтой окраской листьев и начали отставать в росте по сравнению с растениями 2 варианта и еще долго продолжали страдать от хлороза, в то время как получившие бор растения 2 варианта имели к этому времени ярко зеленую окраску листьев, перестали болеть хлорозом и начали перегонять в росте растения 1 варианта.

С этого времени получившие бор растения 1 варианта все больше и больше отставали от растений 2 варианта, имели в течение всего периода роста светлозеленую (близкую к желтоватой) окраску листьев и, почти совсем прекратив в дальнейшем рост в длину, все же имели здоровые точки роста и до конца опыта не отмирали (см. фиг. 8).

Растения этого варианта (1 вариант), не получившие бор — отстали в росте по сравнению с растениями, получившими бор и потом через дней



Фиг. 8. 1 сосуд — питательная смесь без бора, 2 сос. п. с. + 0.2 мг бора, 3 сос. п. с. + 0.5 мг бора, 4 сос. п. с. + 5 мг бора, 5 сос. п. с. + 10 мг бора, 6 сос. п. с. + 0.2 мг бора + ост. доп. элем.



Фиг. 9. 1 сосуд — питательная смесь + ост. доп. элем. без бора, 2 сос. п. с. + ост. доп. элем. + 0.2 мг бора, 3 сос. п. с. + ост. доп. элем + 1 мг бора, 4 сос. п. с. + ост. доп. элем. + 5 мг бора, 5 сос. п. с. + ост. доп. элем. + 20 мг бора.

30—40 у них началось отмирание точек роста и гибель растений, начиная с точек роста постепенно к основанию. Растения, получившие дозировки бора выше 7 мг погибли (см. фиг. 8). Как указано было уже выше, отмирание шло в таком порядке: раньше всего погибли растения, получившие 50 мг бора, затем получившие 20 мг и наконец получившие 10 мг. Таким образом дозировки выше 7 мг нужно считать ядовитыми для льна.

Очень важно отметить, что характер отмирания был другой, чем у растений, не получивших бор, т. е. не начиналось с точек роста, а почти одновременно по всему растению.

Из дозировок самой лучшей нужно считать 0.5 мг бора на литр (см. фиг. 8 и табл. 2 и 3). Дозировки выше 0.5 до 5 мг дают некоторые уменьшение в урожае, однако такие дозировки еще не вредны растению, последние не отмирали (на этих дозировках) до конца опыта.

Получившие бор растения 2 варианта очень хорошо развивались, достигли высоты стебля 60—70 см (см. фиг. 9), имели все время здоровый ярко зеленый вид, дошли до стадии бутонизации и можно с полной уверенностью сказать, что они не цвели и не плодоносили только по причине позднего сева (посев 24 июня), бессменности питательного раствора и неблагоприятных условий оранжереи с чрезмерным затемнением и влажностью; если бы не было указанных неблагоприятных факторов, то растения эти, безусловно, удалось бы довести до полного созревания.

Что касается дозировки бора, то самой лучшей оказалась — 0.2 мг на литр (см. фиг. 9 и табл. 3), дозировки 1—5 мг дали худший урожай, но даже 5 мг дали очень хорошо развитые растения.

Учитывая данные по 1 варианту, нужно считать, что наилучшей дозировкой бора будет не 0.2 мг, а 0.5 мг на литр.

По 2 варианту наилучшей оказалось дозировка в 0.2 мг и 1 мг, промежуточных дозировок не было.

У растений 2 варианта, не получивших бор на позднем периоде развития, началось отмирание точек роста.

Остановимся здесь немного подробнее на вопросе об отмирании точек роста в отсутствии бора.

В этом варианте особенно рельефно проявилось отмирание точек роста, которое очень наглядно отражено на фиг. 10. На этой фотографии видно, что к моменту наступления отмирания точек роста мы имеем вполне здоровые, с ярко зеленой окраской листьев, растения.

После начала отмирания точки роста начинается пожелтение и отмирание близлежащих к точке роста листьев и постепенно, но сравни-

Таблица 3

Урожай надземной массы (вес в мг)

	I повторение			II повторение			III повторение			Среднее из 3-х повтор	Среднее из 3-х повтор. в 0/0
	Стебель	Листья	Всего надз. част.	Стебель	Листья	Всего надз. част.	Стебель	Листья	Всего надз. част.		
Первый вариант											
Питательная смесь без бора без ост. дополн.	40	25	65	—	—	—	45	45	90	77	100
» » + В — 0.2 мг бора	65	50	115	55	75	130	65	50	115	120	156
» » + В — 0.5 » »	80	70	150	95	90	185	50	50	100	145	188
» » + В — 1 » »	75	60	135	55	55	110	—	—	—	122	158
» » + В — 3 » »	65	62	127	81	74	155	67	65	132	138	180
» » + В — 5 » »	70	72	142	60	65	125	90	70	160	142	185
» » + В — 7 » »	63	65	128	50	60	115	50	55	105	116	150
» » + В — 10 » »	—	—	—	25	30	55	50	50	100	77	100
» » + В — 20 » »	—	—	—	30	40	70	—	—	—	70	90
» » + В — 50 » »	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Второй вариант											
Питательная смесь без В + ост. дополн.	160	70	230	—	—	—	30	70	100	165	100
» » + В — 0.2	250	175	425	301	205	506	285	205	490	479	290
» » + В — 1	250	190	440	255	705	460	270	200	470	457	277
» » + В — 5	200	150	350	—	—	—	300	200	500	425	257
» » + В — 20	60	60	120	65	70	135	100	70	170	142	86
» » на водопроводной воде	355	210	565	475	250	725	—	—	—	645	390

тельно быстро, наступает полное отмирание, начиная с точек роста к основанию.

Отмирание точек роста при отсутствии бора мы встречаем также у табака в работах Мак Мартри (20) и Смирнова (22), у сахарной свеклы в работе Белоусова (2), у салата в работе Мак Хэрка и Кальфи.

Таким образом, данные как основных, так и дополнительных опытов показывают, что вырастить лен без бора, в чистых от загрязнения бором условиях, совершенно невозможно; раньше или позже наступает отмирание точек роста, ведущее к полному отмиранию растения.

Сильное отставание в росте растений первого варианта по сравнению с растениями второго варианта говорит также, что для хорошего роста льна нужны, кроме бора, еще и другие элементы из группы так наз. дополнительных.

Но какой или какие элементы из этой группы оказывают благоприятное влияние на рост льна, для нас остается еще невыясненным, потому что эти элементы в основном опыте (2 вариант) были не расчленены и находились в комплексе, а дополнительный опыт благодаря поздней постановке и недостаточной широте схемы показал лишь, что ни один из данных элементов (Mn, Al, Cu, J), если нет бора, не может предупредить отмирание точек роста и гибели растения.

Исходя из выше приведенных данных (работы Мазе, 17 и 18; Манна, 19 и др.) можно предполагать, что уменьшение заболеваемости хлорозом во 2 варианте нужно отнести за счет Mn, но это еще остается пока предположением, потому что Mn был в комплексе.

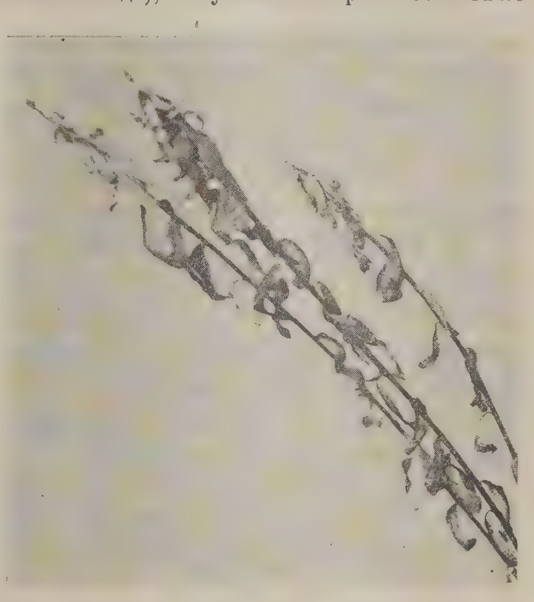
В литературе имеются данные о лучшем росте этиолированных проростков в присутствии соединений Mn, чем в присутствии соединений железа,[1] и вполне возможно, что в условиях нормального освещения (у нас, как было указано, условия освещения были ненормальны) не будет такого резкого различия между растениями, получившими, помимо питательной смеси, только бор, и растениями, получившими, кроме бора, еще остальные дополнительные элементы; даже вполне вероятно получение вполне нормальных растений льна, доведенных до полного созревания при прибавке к питательной смеси одного только бора; в этом нас особенно убеждают данные дополнительных опытов.

Необходимо еще остановиться на развитии растений на питательной смеси, приготовленной на водопроводной воде без дополнительных элементов.

[1] Куль также показал, что Mn менее ядовит в темноте.

Выше в разделе о влиянии бора на корневую систему мы видели, что питательная смесь, приготовленная на водопроводной воде без добавления дополнительных элементов, проявляет себя на корневой системе как питательная смесь на дестиллированной воде с дополнительными элементами; на надземной части мы имеем то же самое.

Растения здесь развиваются очень хорошо, еще лучше, чем на питательных смесях (на дестилированной воде), получивших бор и остальные дополнительные элементы (см. табл. 3); однако, в конце вегетационного периода у отдельных экземпляров началось отмирание точек роста, что говорит о том, что имеющееся в водопроводной воде количество бора является, очевидно, не вполне достаточным и не может обеспечить нормального роста до конца вегетации. Надо думать также, что если бы питательная смесь менялась, то такого отмирания точек роста не было бы. Нужно еще отметить, что растения, выдерживавшиеся 10 дней на водопроводной воде и пересаженные потом на питательную смесь, приготовленную на дестиллированной воде без дополнительных элементов, развивались в начале очень хорошо, гораздо лучше растений, не выдерживавшихся на водопроводной воде и не получивших бора, но все-таки скоро и у них началось отмирание точек роста и они погибали.



Фиг. 10. Отмирание точек роста у растений, получивших остальн. дополн. элементы, но не получивших бора.

Таким образом, метод Демиденко — 10-дневное выдерживание проростков на водопроводной воде — при чистых условиях опыта (перекристаллизация солей, парафинирование сосудов, внесение дополнительного железа при заболевании хлорозом непосредственно в питательную смесь, без перенесения на водопроводную воду с железом) не может дать нормального развития льна, и растения льна в конце концов гибнут.

Приведенные данные говорят, что в водопроводной воде имеются все эти дополнительные элементы (B, Mn, Al и др.) в ощутительном количестве и что ведение на ней опытов по выяснению потребности льна (и других культур) в элементах зольного питания нужно считать неприемлемым.

Общие выводы

В качестве основных выводов приведем следующие положения:

1. Показана возможность выращивания нормальных растений льна в условиях водных культур на питательной смеси, приготовленной на дестиллированной воде, без какого бы то ни было выдерживания на водопроводной воде, что обеспечивает возможность изучать проблемы зольного питания льна в строго чистых, свободных от посторонних факторов условиях и позволяет руководить процессом.

2. Выяснено, что гибель льна, наблюдавшаяся в экспериментальных со льном работах, проводившихся в водных культурах на питательной смеси, приготовленной на дестиллированной воде, объясняется отсутствием в питательных смесях дополнительных элементов — в первую очередь бора, а также, может быть, и других:

3. Нормальные растения льна были выращены при прибавлении к основной питательной смеси на литр:

бора	в количестве	от 0.5 мг до 1 мг	
марганца	»	» 0.0015	г
алюминия	»	» 0.0005	г
меди	»	0.000125	г
иода	»	0.00025	г

4. Доказано большое значение для роста льна дополнительных элементов и в первую очередь бора. Морфологически выражается это тем, что при отсутствии бора корневая система растений очень плохо развита, имеет ненормальный вид, главные и боковые корни утолщены и несут на концах вздутия, рост корней идет очень медленно, потом совсем останавливается и наступает разрушение в зоне роста корня. Внесение же бора дает очень богатую, с большой сетью боковых разветвлений, вполне здоровую корневую систему, с первых же дней очень быстро развивающуюся.

В стеблевой системе при отсутствии бора начинается отмирание точек роста, после чего наступает быстрое отмирание всего растения, чего нет при внесении бора. В некоторых случаях это отмирание точек роста начинается очень скоро, как только появится стебелек или еще до появления стебелька.

5. Установлена дозировка бора. Наилучшей дозировкой бора нужно считать — 0.5 мг на литр. На более высоких — от 0.5 до 5 мг — значительного угнетения растений нет. Дозировки же выше 5 мг, особенно 10 мг и т. д. являются ядовитыми и ведут к полной гибели растений.

6. Выяснено, что помимо бора, для нормального роста растений нужны еще такие дополнительные элементы, как Mn, Al, Cu и J, без внесения которых растения льна хоть и не отмирают, но надземная часть скоро останавливается в росте и получить вполне нормальных растений без них не удается.

Выяснилось, что ни один из этих элементов (Mn, Al, Cu и J) не может в какой-нибудь степени улучшить рост льна, задержанный отсутствием бора. Выяснено, что алюминий имеет некоторое влияние на рост главного корня.

Согласно приведенным в предыдущей главе соображениям, не исключена возможность, что в условиях нормального освещения и при частой питательной смеси удается вывести вполне нормальные растения льна при прибавлении в питательную смесь одного только бора.

7. Данные с водопроводной водой показывают неприемлемость ведения опытов по выяснению потребности льна (и других культур) в элементах зольного питания в водных культурах на водопроводной воде, в которой имеются в значительном количестве дополнительные элементы.

8. Выясняется с особенной наглядностью недопустимость игнорирования дополнительных элементов при изучении зольного питания растений и необходимость поставить со всей категоричностью вопрос о всестороннем изучении физиологической роли этих элементов и применения их в практических условиях.

Работа проведена под руководством акад. В. Н. Любименко, оформлена по указаниям акад. А. А. Рихтера и доложена в научном семинаре Лаборатории биохимии и физиологии растений Академии Наук СССР.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арнольди. Из результатов вегетационного опыта и лабораторных работ, т. IX, 1914.
2. Белоусов. Бюллетень агрохимического сектора ЦИНСА, год I, окт.-ноябрь 1931 г., вып. 3—4, стр. 43—44
3. Белоусов. Труды ЦИНСА № 8, раб. Агрохим. сектора 1932 г., т. I.
4. Boresch. Ber. d. Bot. Ges. 42, 284, 1924.
5. Brenchley. Brit. Med. Journ. 2, 9, 1924.
6. Brenchley and Warington. Ann. Bot. 41, 167, 1927.
7. Brenchley and Thornton. Proc. Roy. Soc. London, 98, ser. B, 1925.

8. Woodward. Phil. trans., 1699, XXI.
9. Gorski. Polskie nawozy potasowe. Poznan, 1932. Osobne odbicie z tomu XXVIII Rocznikow Nauk Rolniczych i Lesnych, 1932.
10. Демиденко. Из результатов вегетационных опытов и лабораторных работ, т. XV, 1930.
11. Du Hamel. Physique des arbres, 1758.
12. Johnston. Soil Science 26, 173, 1928.
13. Johnston and Dore. Science 67, 1928; Plant Physiol. 2, 475, 1927.
14. Sommer and Lipman. Plant physiol. 1, 231, 1926.
15. Кудрявцева. Научно-агроном. журн. 1924, № 1.
16. Lee and Mc Hargue. Phytopathol. 18, 775, 1928.
17. Maze. Ann. de l'Inst. Pasteur, Paris, vol. XXVIII, 1914, № 1.
18. Maze. Ann. de l'Inst. Pasteur, Paris, vol. XXVIII, 1919.
19. Mann. Soil Science 30, 117, 1930.
20. Mc Murtrey. Journ. of Argric. Res. 38 (1929), № 7.
21. Модестов. Труды оп. ст. Моск. с.-х. Инст., вып. I, 1915 г.
22. Смирнов. Бор как регулятор роста табака в связи с реакцией питательного раствора и источниками азота. Гос. Инст. табаковед., Краснодар, 1930.
23. Stoklasa. Biochem. Ztschr. 91, 137, 1918.
24. Стольгане. Изв. Моск. С.-Х. инст. год XX, кн. 4, 1924.
25. Цинцадзе. Из результатов вегетационных опытов и лабораторных работ, т. XIV, 1928.
26. Haas. Californ. Citograph 14, 355, 1929.
27. Haas Bot. Gaz. 88, 1929, 113.
28. Haas Bot. Gaz. 89, 1930, 410.
29. Mc Hargue and Calfee. Plant Physiol. 7, 1932, № 1.
30. Swanback. Plant Physiol. 2 475, 1927.
31. Шулов и Морозов. Тр. оп. станц. Моск. С.-Х. инст., выпуск II.
32. Якушкин. Из результатов вегетационных опытов и лабораторных работ, т. X, 1916.

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК СССР. 1933
BULLETIN DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'URSS
Classe des sciences mathématiques et naturelles
Отделение математических и естественных наук

НАБЛЮДЕНИЯ НАД ИСТОРИЕЙ РАЗВИТИЯ И СТРОЕНИЕМ УКСУСНЫХ БАКТЕРИЙ

А. А. БАЧИНСКОЙ

(*Представлено академиком* **Г. А. Надсоном**)

В связи с вопросом изменчивости микробов от воздействия внешних факторов, изучение влияния последних на строение и развитие микроорганизмов заслуживает особого внимания.

Подобные исследования особенно ценны в отношении бродильных организмов, так как, помимо биологического значения, они могут представлять также большой практический интерес.

Мы остановились на изучении уксусных бактерий, строение и развитие которых исследовано еще недостаточно.

Бактерии этой группы относительно легко реагируют на различные воздействия, вследствие чего могут служить весьма ценным объектом для подобных исследований.

С другой стороны они имеют широкое практическое значение в уксусном производстве, являясь в то же время возбудителем порчи различных слабоалкогольных напитков.

Большинство авторов, изучавших уксусных бактерий, останавливается преимущественно на влиянии различных агентов на биохимические свойства этих микроорганизмов, вопрос же об истории их развития, устойчивости форм и строении клеток разработан сравнительно мало. Пополнить эти данные и было нашей задачей.

Прежде нежели перейти к изложению собственных наблюдений, необходимо несколько коснуться литературных данных.

Работ непосредственно относящихся к затронутому нами вопросу не много. Первыми исследованиями, в которых морфология уксусных бактерий изучена весьма подробно, являются работы Hansen'a (1), относящиеся к 1879 и 1894 гг.

Уже в работе 1879 г. «*Mycoderma aceti* Kützing et *Mycoderma Pasteurianum* nov. sp.» автор отмечает разницу в размерах клеток в одной цепочке (табл. II, фиг. 70), длинные формы клеток (фиг. 64), блестящие клеточки, среди клеток цепочки (фиг. 60) и блестящие зернышки круглой формы в некоторых клетках (фиг. 66). Эти зернышки обозначены им как «споры». И в этой работе и в следующей, относящейся к 1894 г., «Recherches sur les bactéries acétifiantes» он изучает историю развития этих бактерий, главным образом, *Bacterium Pasteurianum* nov. sp. Изучение их ведется автором в висячих каплях питательной среды, (двойное пиво), во влажных камерах типа Böttcher'a. В указанных условиях E. Hansen'у удается наблюдать размножение клеток (scission), образование длинных, зачастую вздутых, зернистых форм (температура +40, +40.5° C), их вакуолизацию и превращение их в цепочки коротких клеток при переносе в свежую среду и дальнейшем культивировании при более низкой температуре + 34° C.

В 1897 г., Henneberg (2), придающий важное значение для характеристики тех или других видов уксусных бактерий, их гипертрофическим (инволюционным) формам, на рисунках в своей работе 1897 г., а позднее и в «Handbuch der Gärungsbacteriologie» (II. Aufl., II. Bd., 1926 г.), отмечает длинные, вздутые клетки с боковыми головчатыми выростами, почками, иногда раздвоеными, *Bacterium azetosum* Henneb.), или с почками, объединяющими две клетки (*Bacterium Oxydans* Henneb.). Автор говорит: «geschieht solches an zwei benachbarten Zellen in der Mitte der Kette, so schmiegen sich meist die Seitenästchen dicht zusammen und bilden einen breiten gestielten Kopf. Sie können auch miteinander so vollständig verwachen, dass die Trennungslinie gänzlich verschwindet». Эти, по словам автора, «интересные» образования у двух выше названных уксусных бактерий появляются через двое суток на пиве, при + 27, + 29°, или на питательном агаре при + 33° C.

Отмечая появление подобных образований и говоря о полном их слиянии, автор не дает толкования их значению и не говорит, как они возникают до того, как происходит их полное срастание. Кроме того Henneberg указывает, что возникновению гипертрофических форм у уксусных бактерий способствует: повышенная температура, длительное культивирование при температуре нормальной и прибавление различных химических веществ (спирт 6%, соли, калийная селитра 0.5—1.0%).

Из позднейших исследований, непосредственно к изучаемому нами вопросу относится работа A. Jancke (3) (1916), в которой автором уделено

небольшое место морфологии уксусных бактерий. Им изучены длинные формы клеток, появляющиеся в культурах микроорганизма, способные еще размножаться и образовывать типичные для уксусных бактерий клетки. Автор называет их «Abweichungsformen» (Aberrationsformen). Относительно тонкой, внутренней структуры клеток этих бактерий, и рисунки Jancke в его работе, как и других авторов, не дают других данных, кроме нахождения в клетках мелкой зернистости. Важной цитологической работой, в которой обращено внимание на внутренее строение клеток уксусных бактерий является работа A. Petit (4) (1927). В своей «Contribution à l'étude cytologique et taxonomique des Bactéries», автор в клетках этих бактерий, называемых им *Bacillus aceti*, пытается найти ядра. В начале своих исследований, он, при помощи окраски гемалауном, после фиксации по Lenhossek'у, находит «одно сидерофильное зернышко, окрашивающееся в фиолетовый цвет и имеющее некоторое сходство с ядром». Эти исследования были им продолжены и пополнены многократными исследованиями как живых, так и фиксированных окрашенных препаратов, (этим же способом), и давали такие же результаты. Прижизненная окраска клеток очень разведенными растворами нильской синьки и голубого крезиля, обнаруживает появление пурпурных зернышек (corpuscules), в каждом индивидууме цепочки (табл. 15, фиг. 7). Обыкновенно такое тельце в клетке одно. При посмертной окраске, можно отличить в цитоплазме, окрашенной в голубой цвет, центральную вакуоль (cavité centrale), содержащую зернышко, окрашенное в красный цвет. Окраска, после фиксации, голубым крезилем, гематоксилином, дает такие же результаты (фиг. 7). У круглых форм клеток наблюдается только одно метахроматиновое зерно, окруженное светлым ореолом. Автор допускает, что оно находится в вакуоле (фиг. 8—10). Инволюционные формы содержат многочисленные метахроматические зерна (фиг. 15). Иногда метахроматин содержится в стенке вакуоли (фиг. 15), или выполняет всю вакуоль (фиг. 11—14); в некоторых клетках метахроматические тельца яйцевидны или удлинены. Иногда встречается только одно тельце, которое, после окраски гематоксилином, походит на ядро. Кроме того, на рисунках в его работе в клетках уксусных бактерий изображены вакуоли и подобие ячеистой сети. До настоящего времени этим и заканчивается относящаяся к интересующему нас вопросу литература.

Перехожу теперь к собственным наблюдениям, несколько остановившись на методической части работы. Из внешних условий, играющих роль в уксусном производстве и могущих оказывать влияние на строение

клеток уксусных бактерий и их развитие были намечены: влияние температуры, питательной среды и влияние степени кислотности среды (постепенное увеличение количества уксусной кислоты в питательной среде).

Для изучения влияния температуры культуры уксусных бактерий велись и при температуре более или менее близкой к температуре производства (на заводе «Стенька Разин» температура уксусного отделения 28°) и при температурах ниже и выше.

Нами были испытаны температуры в 18°, 25° и 37° С (термостаты) и температура Лаборатории 10—12° С. Кроме того поставлены были опыты по воздействию низких температур (от 0° до —18° С), непосредственно на клетку уксусных бактерий. Для этой цели пленки из двухсуточной культуры на пиве переносились в небольшое количество (1 кб. см) стерилизованной водопроводной воды и выдерживались в течение ряда дней, и при температуре 0°, (тающего снега), и при колебаниях температуры от 0° до —18° С. Из этой взвеси, на 1, 3, 5, 8 и больше суток производились высевы в стерилизованное пиво и на пивной агар и выращивались при выше указанных температурах.

Для изучения влияния среды, в качестве питательных сред были взяты: среды жидкие — пиво и сусло[1] и такие же плотные — агар и желатина. Агаровые среды употреблялись еще и после прибавления к ним небольшого количества мела (нейтрализация накопляющихся в культурах кислот).

Изучение влияния кислотности среды было произведено на жидких пиве и сусле с добавлением к ним 80% уксусной кислоты в концентрациях 0.4; 0.8; 1.42; 1.76; 2.20; 2.44; 3.52; 4.4; 6.6; 8.8%. pH от 6.0 до 4.0.

В качестве материала для исследования взяты 4 культуры указанных бактерий, а именно: *Bacterium aceti* Hansen (заграничная культура 1918 г.), *Bacterium Pasteurianum* Hans, *Bacterium Kutzingianum* Hans. из Музея живых культур Института экспериментальной медицины (и одна культура, 1930 г., выделенная с производства (из прокисшего светлого пива завода I Промкомбината), изученная нами и определенная как *Bacterium aceti* Hansen. Из этой культуры была выделена абсолютно чистая

[1] Питательные среды: Пиво — стерилизованное при 110° в автоклаве, предварительно отфильтрованное после кипячения пиво, pH 5.3. Пивное сусло — разведенное до 7° Ball. (нехмелевое), pH 6.0. Агар и желатина из этих же сред с добавлением 2 г агара или 10—12 г желатина на 100 см^3 жидкости. Пиво агар pH —5.3; пивная желатина PH —5.8. Сусло агар pH 6.0; сусло желатина pH —pH —5.8.

культура, «чистая линия», именно — из короткой цепочки, состоявшей из трех генетически связанных клеток, из штриха на пивной желатине в чашке Петри. После нахождения этих клеток велось непосредственное наблюдение за развитием их в колонию, из которой и были сделаны отсевы. Эта же абсолютно чистая культура была передана весной 1932 г. в заводскую лабораторию I Промкомбината и ныне успешно работает в уксусном производстве на заводе «Сгенька Разин».

В начале работы, исследование относительно влияния выше указанных факторов велось над всеми названными культурами, но позднее, по выяснении приблизительно одинаковых результатов, дальнейшая работа проведена над культурой *Bacterium aceti* Hans. 1930 г., из пива завода I Промкомбината.

Микроскопические наблюдения над отдельными формами клеток указанных бактерий велись в висячих каплях жидких и плотных сред (пиво, сусло и такие же желатина и агар) и контролировались параллельными посевами на аналогичные среды в пробирках и в чашках Петри, для выяснения характера роста и времени появления различных форм клеток в тех и других условиях культивирования.

Влияние температуры. При культивировании уксусных бактерий от +10 до +37° С, пленки на жидких средах (пиво, пивное сусло) развиваются быстрее по мере повышения температуры. При +10° рост сильно замедлен, при +18° С на 5—6 день, при +25° — вторые сутки, при 37° — через сутки. Такие же результаты дало и подкисленное пиво, но развитие пленок более мощно. На плотных средах — (пиво и сусло агар), рост медленнее при +10°; +18° С и при температурах +25° и +37° С — налет вдоль штриха, хотя и слабый, появляется уже через сутки.

Высев, предварительно промороженной (1 сутки), как указано было выше (при 0°), культуры на такие же среды, дает задержку роста; так, при температуре +25° пленки развиваются на 3-й день, при +37° на 7-й вместо 1—2—3 суток. Ряд дальнейших высевов этой же взвеси (на 3, 5, 8 день и позднее), продолжавшей оставаться на холоду с колебаниями от 0° до —18 С, давал такие же результаты, (задержку роста пленок), и наконец, полное его отсутствие после 20—22 дневного промораживания.

Данные относительно влияния питательной среды (пиво и сусло, агар и желатин такого же состава, с мелом и без мела) могут быть выражены в следующем. На жидких средах (пиво) уксусные бактерии образуют пленки, сероватобеловатого цвета, разнящиеся несколько компактностью, высотой всползания на стенки пробирки, характером пленки.

Наиболее мощное развитие пленки наблюдается у *Bacterium Pasteurianum* Hans., несколько слабее у *Bacterium Kützingianum* Hans., на третье место можно поставить *Bacterium aceti* Hans. 1930 г. и такое же у *Bacterium aceti* Hans. заграничной культуры. Всползание пленки наиболее высоко у *Bacter. Pasteurian.*, несколько ниже у *Bacter. Kützingian.* и почти одинаково (еще ниже) у *Bacter. aceti* Hans. и *Bacter. aceti* Hans. 1930 г.

При росте на плотных средах — на агарах (сусловых и пивных), в начале (1 сутки), образуются мелкозернистые прозрачные, сливающиеся колонии, позднее тускнеющие и становящиеся буроватыми, тусклыми. У 4 изучавшихся культур эти налеты разнятся компактностью роста. Наиболее компактные налеты у *Bacter. Pasteurianum*, у остальных культур разницы в росте не заметно. На пивной и сусловой желатине рост в виде тусклого, однообразного налета вдоль штриха, гладкого, слегка буроватого, в проходящем свете голубоватого, просвечивающего. Разница в компактности роста у 4 культур также не заметна. Разницы в быстроте роста на средах с мелом и без мела нет, но на средах с мелом рост налетов более компактен. Очень быстро развиваются пленки при +25° (через 1, 2 суток), на подкисленных уксусной кислотой средах (пивное сусло и пиво) в концентрациях от 0.4% до 1.76%. При концентрации 2.20%, 2.44% пленки не развиваются, но мутится среда. При еще более высоких концентрациях от 3.08% до 8.8% рост отсутствует. По мере повышения концентрации 1.42—1.76%, развитие пленки слабее и появление ее позднее (вторые сутки).

Перехожу к изложению результатов микроскопических наблюдений над строением и развитием клеток уксусных бактерий под влиянием вышеуказанных факторов (изображение см. на фиг. 1—12 на стр. 1195).

В культурах односуточного возраста (+37°) и двухсуточного (+25°), выращенных на пиве и сусле, пленка состоит из приблизительно одинаковых по размерам вегетативных клеток, лежащих и отдельно и парами и кучками и в виде недлинных цепочек (фиг. 1*a*—*d*), в 2—3, 1.0—1.5 μ. Парные клетки зачастую имеют форму бисквитов, с различными степенями сужения — это формы размножения (фиг. 1*b*, *c*). Способ размножения уксусных бактерий своеобразен. Он протекает у этих микроорганизмов в форме перешнуровывания. При наблюдении в висячих каплях пива, во влажных камерах (температура +25°, 18—20 часов возраста), можно видеть, что клетки несколько вытягиваются, в средней части клеток появляется сужение, становящееся все более углубленным, придающим клетке форму бисквита, подмеченную впервые

Pasteur'ом (5). Под конец клетки несколько отходят друг от друга, иногда перегибаясь по этой суженной части, симулируя половой процесс,



Фиг. 1—12 (объяснение см. на стр. 1204).

(ложная конъюнкция, см. фиг. 1 *e*), и при образовании цепочек не распадаются, будучи окружены слоем очень прозрачной слизи.

Плазма клеток уксусных бактерий в молодом возрасте (1—2 суток при +25° и ниже), гомогенна и прозрачна (см. фиг. 1). В культурах 3—5-дневного возраста при этой же температуре +37°, размеры клеток

начинают значительно варьировать. Появляются клетки по виду вполне типичные, но по размерам значительно крупнее, в 3.5—4.0 μ (гигантские формы) и клетки мелкие в 1.0—1.5 μ и меньше (карликовые) (фиг. 2*a* и фиг. 2*b*). И те и другие могут образовать цепочки самостоятельно, (из небольшого количества члеников), и очень часто находятся в одной и той же цепочке, достигающей значительной длины (фиг. 2*c*). Появление в цепочках уксусных бактерий крупных и мелких форм отмечено Hansen'ом в его работе «*Mycoderma aceti* Kütsz. (Pasteur) et *Mycoderma Pasteurian.* nov. sp.» (Hansen, назв. работа, фиг. 70).

Образование цепочек из гигантских типичных форм, из карликовых и из тех и других вместе, можно наблюдать во влажных камерах на каплях пивного агара. В течение 24 часов в этих условиях, при перешнуровывании образуются равные дочерние индивидуумы, позднее, как от крупных, так и от мелких клеток отшнуровываются более мелкие клеточки, которые в свою очередь, через 2—3 поколения еще более мельчают (фиг. 2, и 7). В культурах на пиве при +37°, уже на первые сутки роста (при температуре +25° на третьи, четвертые и позднее), среди клеток в цепочках пленки наблюдается образование инволюционных форм (фиг. 6).

В начале эти формы не длинны, превышая клетки обычных вегетативного типа в 2—3—4 раза, но далее они достигают весьма значительных размеров в 40, 50, 60 μ и более. Плазма молодых инволюционных форм также гомогенна и прозрачна и такие клетки продолжают еще размножаться, распадаясь, после перешнуровывания, на короткие формы (Hansen) (фиг. 3, I, II, III), из висячей капли пива, 20—24 часа наблюдения при +25°, это так называемые Abweichungsformen (Aberrationsformen) Jancke.

Несколько позднее (3—4 сутки +37°, 4—5 и более +25°), большое количество гомогенных инволюционных форм, весьма различных по длине и толщине (вздутых, перешнурованных не до конца во вздутых своих частях, четковидных), начинает перерождаться. В гомогенной плазме возникает то мелкая, то более грубая зернистость, то во всей клетке, то сначала в какой-нибудь из ее частей, (или в середине или по концам клетки). Сама плазма становится грубой, зеленовато блестящей. Одновременно в плазме начинается образование вакуолей, в начале в небольшом количестве и небольших размеров, становящихся позднее круглыми и образующими ячеистую сеть (Wabenbau Бючли, le vacuome Боври). В старых пленках (5—6 день +37°), в вакуолизованных клетках зачастую вакуоли сливаются и образуют целые мешки, наполненные клеточным соком,

дающим при окраске метиленовой синькой (1:10 насыщенного водного раствора), реакцию метахромазии. По мере старения инволюционных форм накопляются и метахроматические зерна в их плазме и в вакуолях. Они лежат и отдельно и целыми глыбками (фиг. 4*a*). В пленке на пиве наибольшее их количество может быть обнаружено на 6—7 день при + + 25°, при 37° на 3—4, а на подкисленных средах (пиво, сусло 0.8% уксусной кислоты) на 2—3 сутки. Появление зерен метахроматина наблюдается и в коротких клетках, которые в старых культурах также вакуолизируются (недельного и больше возраста табл. I, фиг. 4*b*). В коротких вегетативных клетках число зерен метахроматина не велико, 1—2 зернышка, лежащие в средней части или в конце клеток (фиг. 4*b*). Обнаружение метахроматических телец в клетках уксусных бактерий возможно при окраске метиленовой синькой по Meyer'у (1:10 насыщенного водного раствора с последующей отмывкой 1% раствором серной кислоты). Других запасных веществ в клетках этих микроорганизмов не обнаруживается (жир, гликоген в них отсутствуют).

На присутствие зерен метахроматина в клетках уксусных бактерий указывает A. Petit. Он находил в круглых клетках 1 метахроматиновое зерно, окруженное светлым ореолом, допуская, что оно находится в вакуоле. По его указаниям, в инволюционных формах метахроматических зерен много, иногда они отлагаются и в стенке вакуоли и выполняют все ее пространство. Форма метахроматических зерен, по мнению A. Petit, может быть яйцевидной и удлиненной, по нашим наблюдениям — это угловатые, неправильной формы кучки слившихся телец.

При культивировании уксусных бактерий в подкисленной среде (пиво, сусло с 1.42%, 1.76% уксусной кислоты + 37°, 2—3 сутки роста), образуется очень много инволюционных клеток самой разнообразной формы и размеров; это и короткие и длинные нити, с извилистыми стенками, и нити в средней части грушевидно и шаровидно вздутые, зернистые и сильно вакуолизованные с огромным количеством зерен метахроматина. На 4-й или 5-й день эти инволюционные формы, имеющие очень тонкие прозрачные оболочки, начинают разрушаться, образуя зернистый распад (см. фиг. 5). При распаде многих клеток, плазмы их сливаются в довольно большие массы, имеющие чрезвычайно большое сходство с подобным же слиянием плазмы клеток у Azotobacter'а. Слияние плазм клеток названного микроорганизма расценивается Löhnis'ом и Smith'ом как особая стадия его развития, названная этими авторами «симплазмой», из которой, по их мнению, могут возникать клетки азотобактера. По нашим наблю-

дениям над кусочками «симплазмы» уксусных бактерий, перенесенными в висячие капли пива или сусла, при наблюдении в течение ряда дней непрерывно, роста новых клеток не возникает, и потому мы считаем такие зернистые массы за распад дегенеративного характера. Эти массы могут быть названы «ложной симплазмой». Возникновение в них новых клеток (наши наблюдения в висячих каплях) возможно только тогда, если в такие некротические массы попадают и размножаются живые клетки уксусных бактерий.

Особенно большое количество тонкостенных, инволюционных клеток, сильно вакуолизованных и зернистых, самой причудливой формы, иногда с боковыми выростами (Henneberg) (см. нашу фиг. 6*a*, *c*, *e*) развивается в культурах уксусных бактерий на пиве при +25° и +37°, в посевах, после предварительного промораживания клеток двухсуточного возраста, в течение 1—2 суток, при температуре тающего снега за окном. Эти тонкостенные клетки легко разрушаются и расплываются, причем содержимое клеток вытекает, образуя кучки уже названного выше детрита (фиг. 5*b*). Разрушение инволюционных клеток уксусных бактерий можно наблюдать, перенося их на капли пивной желатины (влажная камера). Подобное явление разрушения зависит вероятно от повышенного осмотического, внутриклеточного давления.

Кроме указанных выше вегетативных и инволюционных форм клеток уксусных бактерий, в старых культурах на пивном агаре и пиве недельного и больше возраста, (или при +37 на 3—4 сутки, +25° на 4—5 день), в цепочках появляются особые клетки (фиг. 7) и более крупные (*a*) и более мелкие (*b*), с сильно преломляющей свет оболочкой, сероватого цвета. Форма их круглая (фиг. 7*a*) или овальная (фиг. 7*b*). Их образование происходит следующим образом (наблюдение над цепочкой клеток в висячей капле пива; в течение 2—3 дней микроскоп переносился в термостат с температуре 37°). Среди клеток цепочки, некоторые клетки и покрупнее и помельче, круглые и овальные, немного увеличиваются в размере, оболочки их начинают местами утолщаться. Эти утолщения приобретают характерный сероватый блеск. Постепенно вся оболочка становится утолщенной, вся клетка несколько сжимается и оказывается серебристосерой и блестящей (увел. окул. 4, объект. 7*a* и окул. 8 объект. 1/12, микроскоп Рейхерта). Размеры таких клеток $1—1\frac{1}{2}\,\mu$ в среднем. Утолщенная оболочка придает этим клеткам сходство с артроспорами у бактерий и в частности с подобными же образованиями у микроба дубового слизетечения *Streptococcus mesenterioides* var. *Lager-*

heimii (*Leuconostoc Lagerheimii* Ludw.) (Г. А. Надсон и А. А. Бачинская, 7, 1923). Клетки с толстыми оболочками у *Streptococcus mesenterioides* var. *Lagerheimii* (*Leuconostoc Lagerheimii* Ludw.) микроорганизма, относящегося к группе молочнокислых бактерий, отмечены впервые Van-Tieghem'ом (8) в 1878 г., назвавшим их «спорами». Этот автор описывает их прорастание (разрыв наружного слоя оболочки, и ослизнение внутреннего, образующего толстую, студенистую капсулу микроба, который удлиняется и делится на 2 шаровидных кокка).

Так как подобного рода образования возникают у *Streptococcus mesenterioides* var. *Lagerheimii* (*Leuconostoc Lagerheimii* Ludw.), и у уксусных бактерий при неблагоприятных условиях жизни, весьма вероятно, что они являются особенными формами приспособления для переживания неблагоприятного времени (Г. А. Надсон) и, принимая во внимание механизм их образования, за ними может быть сохранено название «артроспор». Клетки с блестящими оболочками у уксусных бактерий упоминаются и зарисованы E. Ch. Hansen'ом под названием «споры», но у этого автора нет более детального их описания.

При переносе артроспор уксусных бактерий в висячие капли светлого сусла или пива, они прорастают (2—3 сутки) при температуре лаборатории, летом 18—20°. Процесс прорастания артроспор уксусных бактерий (фиг. 7*a*, *b*, *c*) сопровождается предварительным набуханием и потускнением их оболочки, после чего клетка вытягивается в одну сторону, превращаясь в клетку обычного вегетативного типа. В дальнейшем такая клетка размножается перешнуровыванием, постепенно образуя ряд клеток, дающий характерную для уксусных бактерий цепочку (фиг. 8 *c*).

В культурах уксусных бактерий на пиве + 37°, на 4—5 день и позднее, на ряду с клетками указанных выше размеров появляются и более мелкие клеточки размером около 0.5 (больше и меньше). Иногда их находится очень много (см. фиг. 9*a*). Для выяснения вопроса, как возникают эти образования, нами был сделан ряд посевов в висячие капли пива как молодых, так и старых культур, двухсуточных, недельных и старше. Наблюдение над этими каплями обнаружило следующее. Если посев был не густ, то из материнских клеток образуются клетки дочерние равных размеров. Это правильный процесс размножения. Но помимо такого перешнуровывания пополам (и карликовых, и типичных, и гигантских форм), у уксусных бактерий при густом посеве в висячую каплю, наблюдается отшнуровывание более коротких частей клеток (меньше половины, треть клетки), образующее карликовые формы (фиг. 2), и в цепочке

крупные клетки чередуются с мелкими (как видно на фиг. 7 и 2). Далее у уксусных бактерий могут образовываться еще более мелкие клеточки — почки (см. фиг. 9*b*,*c*, 10) и по концам клеток и на боковых частях клеток. Эти мелкие клеточки быстро опадают, и в культурах, почки, соединенные с материнскими клетками, встречаются редко. Кроме того, при густом посеве в висячей капле, изменяется и форма вегетативных клеток (см. фиг. 11). Они становятся неправильными, вздутыми на концах угловатыми, угловатая часть клетки выступает из цепочки, и на ней зачастую образуются указанные выше мельчайшие клеточки — почки (см. фиг. 11*a*). Крошечные клеточки — почки при переносе их в свежую каплю пива могут разрастаться и превращаться в характерные для уксусных бактерий вегетативные небольшого размера клетки (см. фиг. 12); но большинство их в указанных условиях не разрастается дальше.

В висячих каплях пива и пивной желатины, а также на пивной желатине в чашках Петри, был прослежен и генезис колоний уксусных бактерий. В ряде штрихов отмечались отдельные короткие цепочки из генетически связанных, равных по размерам клеток и наблюдалось их дальнейшее развитие. Повидимому, совершенно одинаковые клетки давали три типа колоний: 1) из длинных прозрачных, редко лежащих в одной плоскости цепочек 2) из коротких, переплетающихся, лежащих в разных плоскостях и 3) колонии из клеток первого и второго типа, причем центр колонии слагался из коротких, густых цепочек, край — из длинных, прозрачных редко лежащих. Высев этих колоний не давал разницы в росте и в характере культуры.

Наблюдение над колониями первого типа, (прозрачные редко лежащие цепочки), при помощи компенсационных окуляров 12 и 18 и объектива 3 (микроскоп системы Рейхерта), дали возможность проследить по часам и дням размножение клеток в колонии, образование новых цепочек, путем выдвижения и отклонения клетки из ряда клеток в цепочке и дальнейшее размножение отклонившейся клетки; постепенное образование инволюционных форм, их разрастания в длину и в ширину (гипертрофия).

Оказалось возможным наблюдать и размножение молодых гомогенных гипертрофированных клеток (инволюционные формы; см. фиг. 3, I, II и III) а также и распад старых, сильно вакуолизованных и зернистых. Наблюдалось и слияние распавшихся зернистых клеток в детритные массы, «ложной симплазмы» (см. фиг. 5*a* и *b*).

Таким образом в истории развития уксусных бактерий, и в висячих каплях под контролем глаза и в параллельных посевах на жидкие и плотные среды, в молодых (1 — 3 суточного возраста), культурах наблюдается

рост молодых гомогенных клеток, типичных для данной формы, приблизительно одинаковых размеров. Далее, по мере того как культура стареет, среди типичных клеток, зачастую в одной и той же цепочке, появляются и более крупные (гигантские) клетки типичной структуры и более мелкие, такого же строения (карликовые). И гигантские клетки и карликовые могут образовать недлинные цепочки, членики которых при дальнейшем размножении мельчают.

Почти одновременно с появлением гигантских и карликовых клеток, наблюдается развитие гипертрофированных (инволюционных) форм, артроспор и почкование.

Резкой границы между возникновением указанных форм уксусных бактерий провести нельзя. Карликовые и гигантские клетки, которые могут быть названы формами отклонения, появляются среди типичных клеток, типичные же формы всегда остаются в большем или меньшем количестве в культуре, как бы стара она ни была. Почкование клеток, появление инволюционных форм и артроспор, которые могут быть названы формами покоя, указывают на наступление неблагоприятных условий жизни культуры. В подобных условиях (высокая температура, густота посева, высокая кислотность среды pH 4.8, среда, неподходящая по химическому составу), часть типичных клеток видимо не изменяется, часть переходит в формы покоя (артроспоры), в таком виде переживая неблагоприятные влияния, часть превращается в гигантские, карликовые и гипертрофические формы и вырождается, а позднее перерождается и погибает, образуя зернистые детритные массы.

Сроки появления отклоняющихся форм среди форм типичных могут то укорачиваться, то удлиняться в зависимости от указанных факторов. Быстрое наступление вредных влияний (очень высокая температура 37°), предварительное промораживание молодой культуры (2-х суточн. возраста), сильная кислотность 1.42—1.76% pH 4.8, вызывают быстрое появление отклоняющихся форм и быструю их дегенерацию и распад.

Наоборот, благоприятные условия питания, соответственная температура, уничтожение накопляемой в культуре самими же уксусными бактериями кислоты (нейтрализация мелом), надолго поддерживают развитие и сохранение типичных для данного микроорганизма форм.

Таким образом почкование, появление различных форм отклонения, (карликовых, гигантских и гипертрофированных — инволюция), а также и образование артроспор, является результатом воздействия неблагоприятных факторов.

Проведенные нами над уксусными бактериями исследования дают возможность сделать следующие выводы:

1. Клетки уксусных бактерий легко изменяются под влиянием внешних факторов: температуры (в первую очередь), кислотности среды (подкисление уксусн. кисл.) и, наконец, состава среды.

2. Изменения размеров и форм клеток — удлинение, гипертрофия и измельчание — и их внутренней структуры — вакуолизация и накопление зерен метахроматина, — быстрее наступает при более высокой температуре (+ 37°), более высокой кислотности среды 1.42 — 1.76% pH 4.8 и после предварительного промораживания молодых клеток (от 0° до 18°).

3. Культивирование на плотных средах — пиво и сусло-агар, желатина с мелом, долго сохраняет типичные для уксусных бактерий формы клеток и их внутреннее строение.

4. В культурах уксусных бактерий, наряду с обыкновенными типичными клетками, наблюдается появление отклоняющихся форм (карликовых, гигантских и инволюционных), а также и образование артроспор.

5. При неблагоприятных условиях жизни, клетки уксусных бактерий могут размножаться почкованием (а типичная для уксусных бактерий форма размножения).

6. Развивающиеся в культурах уксусных бактерий, при неблагоприятных условиях существования: а) артроспоры — образуются из вегетативных клеток, путем утолщения их оболочки и являются формами покоя, и б) инволюционные формы — возникают из длинных, гипертрофирующихся клеток; они частично могут образовывать короткие, типичные для уксусных бактерий клетки, частично перерождаются, разрушаются и сливаются в зернистые мертвые массы.

7. Симплазма уксусных бактерий является «ложной симплазмой», так как она — результат слияния мертвых масс распада погибших клеток культуры. Новых живых клеточных форм из нее не возникает.

Считаю долгом принести искреннюю благодарность академику Г. А. Надсону за советы и указания во время выполнения работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. E. Ch. Hansen. *Mycoderma aceti* et *Mycoderma Pasteurianum* nov. sp. C. R. trav. Laborat. de Carlsberg., vol. 1, 1879, p. 96—100. Recherches sur les Bactéries acétifiantes. Ann. Microgr., 1894, p. 1—41.
2. W. Henneberg. Handbuch der Gärungsbacteriologie, 2. Aufl., Bd. II, 1926, p. 192—201.
3. A. Jancke. Studien über die Essigbakterien. Zbl. Bakter., 2. Aufl., Bd. 45, 1916, p. 1—50.
4. A. Petit. Contribution à l'étude cytologique et taxonomique des Bactéries. Ann. de service bot. de Tunisie, 1927.

5. Pasteur. Études sur le vinaigre, 1868.
6. Löhnis and Smith. Life cycle of the Bacteria. Journ. agricult. res., vol. 6, 1916, p. 675—702.
7. Г. А. Надсон и А. А. Бачинская. Микроб дубового слизетечения, *Streptococcus mesenterioides*, var. *Lagerheimii* (*Leuconostoc Lagerheimii* Ludw.). Болезни растений. Вестн. Отд. фитопатологии Гл. Бот. сада 1923, стр. 20—28.
8. Ph. Van-Tieghem. Sur la gomme de sucrerie. Ann. dessci. natur. Bot., sér. VI, vol. VII, 1878.

A. A. BATSCHINSKAJA. BEOBACHTUNGEN ÜBER DIE ENTWICKLUNGSGESCHICHTE UND DEN BAU DER ESSIGBAKTERIEN (*BACTERIUM ACETI*)

ZUSAMMENFASSUNG

Die im Jahre 1930 ausgeführten Untersuchungen über den Einfluss der Temperatur, Acidität und chemischen Bestand des Nährbodens auf die Entwikklungsgeschichte und den Bau der Essigbakterien, bezogen sich hauptsächlich auf *Bacterium aceti* Hansen, das aus einer Kette genetisch zusammenhängender Zellen, als «reine Linie», durch Züchtung in hängenden Tropfen fester und flüssiger Nährboden (bei 110° sterilisiertes Bier, Bierwürze-Agar und Gelatine 7° Ball). isoliert wurde.

Diese Untersuchungen ergaben folgende Resultate.

Die Zelle der Essigbakterien — *Bacterium aceti* Hans, welche auf sterilisiertem Bier und Bierwürze-Agar gezüchtet waren, 24 Stunden bei 37° C und 48 Stunden bei 25°, haben eine homogene Structur (Fig. 1 *a-d*) und 2—3 gross, vermehrten sich durch Abschnürung (Fig. 1 *a*, *b*, *c*) und verändern sich leicht unter dem Einfluss äusserer Faktoren: Temperatur, Acidität und chemischer Bestand des Nährbodens.

Veränderungen der Grösse und Formen der Zellen (Vergrösserung, Verkleinerung und Aufquellung Fig. 2-*a*, c, Fig. 6 *a*, *b* und *c*) und Structur (Fig. 4) *a* und *b*, Vacuolisation und Aufspeicherung von Metachromatin-Körpern), treten schneller ein bei höheren Temperatur (+37° C), bei höheren Acidität des Nährbodens (Zusatz von 1.42—1.76% Essigsäure zum Würze-Agar, pH 4.8) sowie nach vorhergehendem Durchfrieren (0° bis 18° C), der jungen (48 Stunden alten) Kultur.

Beim Züchten der Essigbakterien auf festen Nährboden (Bier und Bier-Würze-Agar und Gelatine, beide mit Zusatz von Kreide), bleiben die typischen Dimension, Form und Structur der Zelle (Fig. 1) längeren erhalten.

Mit der Zeit (5—7 Tage), unter dem Einfluss oben erwähnter Faktoren werden ausser gewöhnlichen typischen Zellen der Essigbakterien, auch abweichende Formen, wie Riesenzellen, Zwergzellen und Involutionszellen (Fig. 2*a* und *b*, Fig. 3, Fig. 6), sowie auch Bildung von Artrosporen (Fig. 7) beobachtet.

Ausserdem können die Zellen der Essigbakterien, beim Zuchten in hängenden Tropfen, sich auf atypischem Wege, durch Knospung vermehren (Fig. 9, 10 und 11). Die nach an den Zellen seitsitzenden, sowie auch schon abgefallenen

Knospen wachsen weiter und verwandeln sich in typischen aber kleinen Stälchen (Fig. 12).

Die Artrosporen (Fig. 7) bilden sich aus vegetativen Zellen durch Verdikkung ihrer Membran. Ihre Form ist rund (*a*) oder oval (*b*). Die Grösse betragt im Durchschnitt 1—1.5; die Zelle zieht sich etwas zusammen und nimmt ein gräulich glänzendes Aussehen an. (Vergröss. ok. 4 und ob. 7a Reichert). Die Artrosporen keimen auf frischem Nährboden in hängenden Tropfen von Würze (Fig. 8 *a*, *b* und *c*).

Die Involutionsformen der Essigbakterien (Fig. 4 und 6) entstehen aus langen sich hypertrophierenden Zellen. Bei Überimpfung auf frischen Nährböden, können diese Zellen zum Teil kurze typische Zellen bilden (Fig. 3—I,II und III), zum Teil aber degenerieren sich zerstören und in eine feinkörnige Masse zusammenfliessen (Fig. 5*a* und *b*).

Dieser Zerfall — das Symplasma (Löhnis und Smith) erscheint als «Pseudo-Symplasma», da in demselben keine neuen Zellformen entstehen.

ОБЪЯСНЕНИЕ ФИГУР 1—12 на стр. 1195

Уксусные бактерии *Bacterium aceti* Hans. (увеличение около 2000 раз)

1. Типичные клетки уксусных бактерий, соединенные цепочками — *a*, и лежащие отдельно — *b*, *c*, *d* с гомогенной плазмой (2-х суточная культура на стерилизованном пиве + 25° C).
2. Клетки из старой культуры, (недельного возраста + 37° C), из пленки на пиве; *a* — гигантские клетки типичной структуры, *b* — карликовые клетки такого же строения, *c* — цепочка из клеток того и другого типа.
3. Молодые «инволюционные» формы с гомогенной плазмой, способные размножаться и образовать клетки нормальных размеров I, II и III, Abweichungsformen, Aberrationsformen Jancke A. (Висячая капля стерильного пива, в которую перенесены клетки 3-х суточной культуры, предварительно выращенные на таком же пиве при + 37° C).
4. Структура клеток инволюционного типа — *a*, и старых коротких клеток — *b*.
5. Распад старых инволюционных форм дегенеративного типа — *a*, с образованием детрита — *b* (ложная симплазма). Наблюдение над клетками на пластинке пивной желатины в чашках Петри при температуре лаборатории летом 18—20° C.
6. «Инволюционные» формы из культуры, высеянной после предварительного замораживания (тающий снег 0°) в течение одних суток. Пленка на стерильном пиве, выросшая при + 37°, 3-х суточного возраста.
7. Образование артроспор — *a*, *a*, среди клеток цепочки. Из старой культуры на пиве недельного возраста, *a* — артроспоры круглой формы, *b* — артроспоры овальной формы, *a* и *b* — более крупные по размерам, *c* — мелкие артроспоры.
8. Прорастание артроспор; *a*, *b* — разные стадия набухания артроспор; *c* — дальнейшее прорастание и образование цепочки.
9. Опавшие мелкие почки — *a*, среди почкующихся вегетативных клеток — *b*. Из 5—6 суточной пленки на стерилизованном пиве.
10. Почкование типичных клеток в висячей капле сусла + 37° на 3—4 день наблюдения.
11. Образование коротких уродливых форм и почкование их в висячей капле пива, в густом посеве, при 37°.
12. Постепенное разрастание опавшей почки (из висячей капли пива, наблюдение через 1—2 час. в течение 8—12 часов, при 37° с установкой микроскопа по временам в термостат.).

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК СССР. 1933
BULLETIN DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'URSS

Classe des sciences mathématiques et naturelles | Отделение математических и естественных наук

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ЧЕТВЕРТИЧНЫХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Е. И. БЕЛЯЕВОЙ

(*Представлено* **Палеозоологическим институтом**)

В палеозоологической литературе отмечается слабая изученность фауны четвертичных млекопитающих СССР. Материал, доставленный в Палеозоологический институт Академии Наук из Западной Сибири со среднего и частью нижнего течения р. Иртыша (Семипалатинск-Троицкое, 61° с. ш.) экспедициями Академии Наук, Геологоразведки, а также рядом частных лиц в период 1928—32 гг., дает возможность несколько пополнить пробелы по истории четвертичной фауны Западной Сибири. Данные предварительной обработки выясняют следующий состав материала.

PROBOSCIDEA. Сем. **Elephantidae**

Elephas antiquus Falc. Выше Омска. Краснoярка

Elephas trogontherii Pohl. Выше Омска. Железинское

Elephas primigenius Bl. Различные вариации до типа сибирского мамонта; последние ниже Омска

PERISSODACTYLA. Сем. **Rhinocerotidae**

Rhinoceros tichorhinus Fisch. Во всем районе

Elasmotherium sibiricum Fisch. Выше Омска. Черноярка, Подпускное

Сем. **Equidae**

Equus (*Caballus fossillis*) sp. Во всем районе

ARTIODACTYLA. Сем. **Suidae**

Sus sp. Ниже Омска в одном пункте

Сем. **Bovidae**

Bos (*B. priscus?*) sp. Во всем районе

Сем. **Ovinae**

Ovibos sp. Ниже Омска

Сем. **Cervidae**

Cervus elaphus fossillis. Выше Омска. Урлютюпское, Черноярка

Cervus euryceros var. *germaniae* (race Rufi). Выше Омска. Красноярка, Черноярка, Урлютюпское

Cervus sp. Выше Омска

Alces sp. Ниже Омска

Сем. **Antilopidae**

Saiga sp. Выше Омска и ниже Омска. Подпускное, Екатерининское, Чередово

Сем. **Camelidae**

Camelus sp. Выше Омска. Подпускное

CARNIVORA. Сем. **Hyaenidae**

Hyaena spelaea Goldf. Выше Омска. Железинское

Сем. **Felidae**

Felis spelaea Goldf. Выше Омска. Черноярка

Сем. **Canidae**

Canis lupus L. Ниже Омска. Екатерининское

Vulpes sp. Ниже Омска. Екатерининское

Сем. **Ursidae**

Ursus sp. Выше и ниже Омска. Железинское, Екатерининское, Карташево

Из этого краткого перечня видно, что на Иртыше обнаружены различные фауны четвертичных млекопитающих. Одна — с *Elephas antiquus* Falc. позднего типа, *Elephas trogontherii* Pohl. тоже позднего типа, *Elasmotherium sibiricum* Fisch., *Camelus* sp., *Cervus euryceros* var. *germaniae* Pohl., *Felis spelaea* Goldf., *Hyaena spelaea* Goldf., — сходная с так называемой «волжской» фауной рисс-вюрмского возраста.

Вторая — более поздняя «мамонтовая» фауна с *Elephas primigenius* Bl., *Rhinoceros tichorinus*, *Bison priscus*, *Equus* sp., *Ovibos*, *Alces* (*fossilis*) sp. и др. Попутно можно отметить следы также и третьей более древней фауны, чем рисс-вюрмская, о чем говорят находки *Alces latifrons*, одного из членов раннечетвертичной фауны (дер. Загваздинская на Иртыше Тобольской губ.,

М. Павлова, 1906), находки В. Л. Воскресенского на р. Тоболе и р. Тавде (В. И. Громов, 1931 г.).

Таким образом, новые материалы по четвертичным млекопитающим р. Иртыша дают возможность констатировать существование в Западной Сибири нескольких различных по составу и возрасту фаун четвертичных млекопитающих, указывающих также и на различные физико-географические условия их существования. Одновременно следует отметить для некоторых форм новые географические точки, как например, для *Elephas antiquus* (Красноярка) и *El. trogontherii* (Железинское), обнаруженных в Сибири впервые. Затем интересными являются находки чрезвычайно редких вообще *Hyaena spelaea* Goldf. (Железинское) и *Felis spelaea* Goldf. (Черноярка).

E. BELĬAEVA. NEUE DATA ÜBER QUARTÄRE SÄUGETIERE VON WEST-SIBIRIEN

ZUSAMMENFASSUNG

Die aus Westsibirien stammenden, dem Paläozoologischen Institut der Akademie der Wissenschaften gehörenden Funde quartärer Säugetiere lassen für das Gebiet Semipalatinsk—Troitzkoie 61° N. Br. im Irtyschgebiet auf zwei nach Bestand und Alter verschiedene Faunen schliessen: 1) auf eine Riss-Würmfauna vom Wolgatypus und 2) auf eine spätquartäre Mammutfauna. Beide Faunen sind durch ihre wichtigsten Formen vertreten.

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК СССР. 1933
BULLETIN DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'URSS
Classe des sciences mathématiques et naturelles
Отделение математических и естественных наук

НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ ОБ ИСКОПАЕМЫХ СЛОНАХ ТАМАНСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Е. И. БЕЛЯЕВОЙ

(*Представлено* **Палеозоологическим институтом**)

Изучение четвертичных млекопитающих в СССР, усилившееся за последнее время, указывает, что в этом вопросе следует уделить большое внимание фауне Сев. Кавказа. Специальных работ по слонам Кавказа до сего времени не имеется; некоторые сведения по палеофаунистике Кавказских четвертичных млекопитающих мы находим в работах М. В. Павловой (1910 г., 1916 г. и 1931 г.), И. П. Хоменко (1913 г.), А. А. Борисяка (1914 г.), А. Н. Рябинина (1917 г.) и др. В моем распоряжении находились материалы Палеозоологического института (коллекция Таманского полуострова, станица Ахтанизовская); состав этой фауны пока определяется грызунами, хищниками, быками, лошадьми, слонами и эласмотерием (А. А. Борисяк, 1914 г., Е. И. Беляева, 1925 г., В. С. Слодкевич, 1930 г.). Слоны и эласмотерии доминируют, остатки остальных — немногочисленны.

Настоящее предварительное сообщение имеет целью ознакомить с дополнительными данными, полученными в результате предварительной обработки, одонтологического материала по Таманским *Elephantidae*; в итоге этой обработки выяснилось, что основная масса зубов относится к ряду *Elephas meridionalis*. Имеется большое количество зубов, принадлежащих *Elephas meridionalis* Nesti; пластинки этих зубов снабжены грубоплойчатой, толстой эмалью (3—4 мм); пластинки и межпластинные расстояния широкие; на 10 см жевательной поверхности приходится 4 пластинки и 4 межпластинных промежутка; тип соотношения латеральных и медиальных частей пластин при средней стадии стирания зуба — lat. lam. med. ann.

Встречаются экземпляры, сходные с зубами *Elephas meridionalis* Nesti из Куяльницких отложений, с Азовского побережья (Хопры, близ г. Ростова) и Среднего Кавказа (Пятигорск).

Ранее мною (Е. И. Беляева, 1925 г.) указывались с Таманского полуострова зубы *Elephas trogontherii* Pohl.; в настоящее время имеется дополнительный материал, по которому можно отметить, что в общей массе зубов *Elephantidae* доминирует *Elephas trogontherii* Pohl. (ст. Ахтанизовская). Эти зубы, имеющие пять-шесть пластин на 10 см жевательной поверхности и эмаль толщиною 2.5—3 мм, относятся к древней форме *Elephas trogontherii* Pohl. (=*Elephas Wüsti* Pavl. Тираспольского гравия) и отличаются более примитивным строением от стратиграфически более молодых зубов *Elephas trogontherii* Pohl. из Н. Новгорода (М. Павлова, 1910 г.), Поволжья, Заволжья и Иртыша (Е. Беляева, 1933 г., рукопись).

Далее мы имеем, как мною уже отмечалось (Е. Беляева, l. c.), экземпляры, правда единичные, у которых число пластин увеличивается; на 10 см жевательной поверхоости приходится 7 пластин, эмаль становится тоньше (2 мм), упрощается ее плойчатость, т. е. зубы обладают признаками, приближающими их к зубам *Elephas primigenius* Bl.

Кроме того в Таманском материале встречаются зубы, принадлежащие *Elephas antiquus* Falc.; они обладают узкой коронкой, ромбовидными фигурами стирания пластин при наибольшей стертости зуба, зигзагообразными медиальными выступами эмали передней и задней стенки пластин, резко выраженным соотношением латеральных и медиальных частей пластин типа lat. an. med. lam. на всех пластинах при средней стадии стиранья зуба. Часть материала пока не определена.

Таким образом, мы имеем в сборах с Таманского полуострова несколько видов ископаемых слонов — различных представителей ряда *Elephas meridionalis* и *Elephas antiquus*. Итоги изучения литературных данных и сведений от краеведческих музеев о местонахождениях остатков слонов на Кавказе указывают, что наиболее распространенными на Кавказе были *Elephas meridionalis* N. и *Elephas primigenius* Bl.; думается однако, что непосредственное ознакомление и изучение местных материалов может изменить это соотношение; тогда группу «мамонтов», к которым обычно относят всякую находку слонов, придется значительно уменьшить, одновременно пополнив другие. Попутно можно указать, что главнейшие местонахождения в СССР ископаемых слонов (не включая *El. primigenius*) сосредоточены кроме Северного Кавказа еще на юге Европейской части Союза. Повидимому Северное побережье Азовского моря (В. В. Богачев, 1924 г., М. Н. Шерстюков, 1927 г., В. И. Громов, 1933 г., рукопись), низовья Волги (В. И. Громова, 1932 г.), Крым (М. В. Павлова, 1931 г.) и юго-запад Союза (И. Синцов, 1900 г., Ласкарев, 1909 г., И. П. Хоменко, 1909 г., М. В.

Павлова, 1910 г.) охватывали область распространения *Elephas meridionalis* Nesti, *Elephas antiquus Falc.*, *Elephas trogontherii* Pohl. (=El. Wüsti; Pavl.). Для более стратиграфически молодых *Elephas trogontherii* Pohl. и *Elephas antiquus* Falc. позднего типа характерны более северные широты, захватывающие бассейны Днепра, Волги и Зап. Сибирь. Кавказ должен был иметь большое значение, повидимому, в истории расселения слонов, являющихся одним из главнейших элементов фауны четвертичных млекопитающих. Отмеченные по материалам Палеозоологического института формы слонов с Таманского п-ова дополняют группу кавказских *Elephas meridionalis*, а *El. antiquus* F., известный с достоверностью из Тирасполя (М. В. Павлова, 1910 г.), на Иртыше у с. Черноярки (Е. И. Беляева, 1933 г. рукопись) и в низовьях Поволжья со смешанными признаками южного слона (В. И. Громова, 1932 г.), впервые указывается для Кавказа. Кроме того по ним можно судить о возрасте Таманской фауны, которая должна быть отнесена к низам четвертичного периода и может частично захватывать верхи плиоцена.

E. BELĬAEVA. EINIGE DATA ÜBER FOSSILE ELEPHANTE DER HALBINSEL TAMAN

ZUSAMMENFASSUNG

Auf grund der von der Tamanhalbinsel (Achtanisovskaja, Nordkaukasus)= stammen im Paläozoologischen Institut der Akademie der Wissenschaften aufbewahrten Funde wird festgestellt, dass hier die *Elephantidae* prädominieren, nähmlich: *Elephas meridionalis* Nesti, *Elephas trogontherii* Pohl. (=*Elephas Wüsti* Pavl.), der quantitativ über die anderen Formen vorherrscht, seine Varietäten und *Elephas antiquus* Falc. Die Tamanfauna kann demnächst zum unteren Frühquartär und teilweise zum oberen Pliocän gezählt werden.

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК СССР 1933
BULLETIN DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'URSS

Classe des sciences mathématiques et naturelles

Отделение математических и естественных наук

О НОВЫХ ИСКОПАЕМЫХ РАСТЕНИЯХ АНТРАКОЛИТОВОЙ СИСТЕМЫ КУЗНЕЦКОГО БАССЕЙНА. I

М. Д. ЗАЛЕССКОГО

(*Представлено академиком* В. Л. Комаровым)

В течение последних трех лет я имел возможность обнаружить в изучаемой мною флоре угленосных отложений антраколитовой системы Кузнецкого бассейна ряд новых интересных видов. Эти формы открыты были мною или другими коллекторами в двух мощных свитах, различаемых мною в серии угленосных осадков бассейна, нижней томской и верхней кольчугинской; они относятся мною по комплексу характеризующих их растительных форм к пермской системе.

Настоящая статья знакомит в главных чертах с этими новыми открытыми растениями. Прежде чем перейти к описанию их, коснусь вкратце подразделения этих угленосных осадков на основании флоры, так как эти подразделения употребляются мною в описаниях растений при указаниях геологических горизонтов их распространения. Нижняя томская свита, в верхней части своей заключающая месторождения угля Кемерова и Порывайки и начинаемая мною немного ниже первого рабочего пласта угля (Украинского), разделяется мною на две подсвиты — нижнюю старобалахонкинскую, характеризуемую главным образом *Angaridium mongolicum* Zal., *Angaridium Potanini* Zal. и *Angarodendron Obrutchevi* Zal. и верхнюю давыдовскую — *Gondwanidium sibiricum* Petunnikov, *Ginkgophyllum Vsevolodi* Zal., *Noeggerathiopsis Theodori* Tchirkova et Z. и *Angaropteridium cardiopteroides* (Schmalhausen).[1] Кольчугинская свита отделяется мною от нижележащей томской свиты с горизонта появления среди элементов флоры этой последней, древесины *Mesopitys Tchiha-*

[1] Этот вид определенно еще жил одновременно с *Callipteris altaica Z.*, так как найден с этим последним растением в кольчугинской свите на пр. бер. р. Ини выше дер. Буерацкой.

tcheffi Zal., характерного углеобразователя кольчугинской свиты, к которому выше, на смену флоры томской свиты, присоединяются *Lobatannularia Schtschurowskii* (Schmalh.) *Noeggerathiopsis aequatis* (Goeppert.), *N. distans* (Goeppert), *N. candalepensis* Z., *Callipteris Zeilleri* Zal., *Paracallipteris altaica* Zal., *Syniopteris siberiana* Zal. *Iniopteris sibirica* Zal., *Pecopteris anthriscifolia* (Goeppert),[1] *Tychtopteris cuneata* Zal., *Petcheria tomiensis* Zal. и *Rhipidopsis palmata* Zal.

Нижняя часть этой свиты, сложенная из песчаников и сланцев без пластов углей, выделяется мною в уньгинскую подсвиту, а верхняя — продуктивная, — в иньскую.

Этой последней подсвите подчинены между прочим угольные месторождения Кольчугина, Ерунакова и Осиновского рудника. Толща песчаников и сланцев около 600 м, лишенная углей, подстилающая томскую свиту и залегающая на нижнем карбоне в нижней части с слоем конгломерата или несколькими слоями его, выделяется мною в острогскую свиту.

Она по крайней мере в нижней части своей иного возраста, чем угленосная томская свита, так как заключает остатки *Lepidodendron* typ. *Veltheimi* Sternb., *Demetria* sp., *Sigillaria-Rhytidolepis* и должна быть признана в этой части несомненно нижнекарбонового возраста.

В сланцах выше первой пачки строительных песчаников, т. е. над песчаниками с остатками *Lepidodendron* обнаружены остатки *Cardiopteris*, описанного ниже под названием *Cardiopteris vesca* Zal. Томская свита мною относится к нижней перми и соответствует ярусу: Artinskien-Autunien, вероятно, в верхней части — Saxonien, а кольчугинская — к верхней перми, ярусу Thuringien, хотя флора Кузнецких свит глубоко отлична от флоры указанных Европейских ярусов и принадлежит несомненно иной ботанической провинции.

Вышеизложенное выразится графически таблицею на стр. 1215.

В присалаирской части Кузнецкого бассейна развита свита, выделяемая мною в абинскую,[2] которая подстилает уньгинскую подсвиту и харак-

[1] Этот вид начинает появляться с верхов «промежуточной» толщи давыдовской подсвиты, т. е. еще в томской свите (канава № 5, 1929 г. в Ишанове). Известен также близ дер. Кедровки по реке Еловке, отруб Жабровского, канава Томашука, почва пласта угля.

[2] В Прокопьевском районе в осадках абинской свиты геологическими исследованиями, геологическими разведками и горными работами установлено, что над пластом угля с характерною для него кровлею песчаника, книзу переходящего в конгломерат, находится шесть пластов угля, названных, начиная снизу, внутренними с цифрами I—VI, а под этим характерным углем последовательно книзу Горелый, Лутугинский, Прокопьевский I, Прокопьевский II, Мощный, Безымянный и 9 нижележащих под №№ 1—9 считая сверху. Э. П. Резуновой, изучающей палеоботанический материал, находимый в буровых колонках пород при геологиче-

Возраст	Свиты	Подсвиты	Характеристика подразделений на основании ископаемой флоры	
Верхняя пермь	Кольчугинская	Иньская с углем	*Mesopitys Tchihatcheffi* (Goeppert) Zal.	*Lobatannularia Schtschurowskii* (Schmalh.), *Callipteris Zeilleri* Z., *Paracallipteris altaica* Z., *Pecopteris anthriscifolia* (Goeppert), *Tychtopteris cuneata* (Schmalh.) Z., *Iniopteris sibirica*, *Syniopteris siberiana* Z., *Rhipidopsis palmata* Z, *Noeggerathiopsis aequalis* Z., *N. candalepensis* Zal.
		Уньгинская без угля		*Callipteris Zeilleri* Z., *Noeggerathiopsis candalepensis* Z., *N. subangusta* Zal. и в нижней части доживание ископ. флоры томской свиты
Нижняя пермь	Томьская	Давыдовская с углем	*Dadoxylon mungaticum* Zal.	*Gondwanidium sibiricum* (Petunnikov), *Angaropteridium cardiopteroides* (Schmal.). *Pursongia asiatica* Zal., *Noeggerathiopsis Theodori* Tch., *Ginkgophyllum Vsevolodi* Z., *Rhipidopsis tomiensis* Zal.
		Старобалахонкинская с углем		*Angaropteridium cardiopteroides* (Schmal.) *Noeggerathiopsis Theodori* Tchirkova, *Angaridium mongolicum* Zal., *Angaridium Potanini* Zal.
Карбон	Острогская	Без угля	Перерыв в палеоботанической и палеозоологической хронике.	
»	»	»	*Cardiopteris vesca* Zal. *Lepidodendron* typ. *Veltheimi* (Sternb.) *Demetria* sp., *Sigillaria-Rhytidolepis*	

теризуется *Lobatannularia Schtschurowskii* (Schmalhausen), *Pecopteris anthriscifolia* (Goeppert), *Petcheria tugajensis* Z. и *Mesopitys Tchichatcheffi* (Goeppert) Zal.

ских разведках Прокопьевского месторождения углей от имени Прокопьевской Углеразведки выслана была мне для изучения небольшая коллекция этих колонок с растительными остатками, происходящих из всей угленосной толщи Прокопьевского района с VI внутреннего пласта угля до горизонта ниже пласта угля № 9. В породах ниже пласта угля № 9 до пласта «Мощного» обычен кордаит *Noeggerathiopsis Theodori* Tchirkova, а с пород пласта Горелого кверху до пласта VI Внутреннего появляются остатки кордаит, которые можно было бы определить соответственно как *Noeggerathiopsis aequalis* (Goeppert) и *N. distans* (Goeppert), *Lobatannularia Schtschurowskii* (Schmalh.) появляется кверху с пород пласта № 2. В породах ниже пласта № 9 был обнаружен *Phyllopitys Heeri* Schmalhausen (Кумашиха) рядом с *Noeggerathiopsis Theodori* Tchirkova и *Nevrapteris siberiana* Zal. В Крутых Топках в той же толще обнаружен *Cardiopteris topkiensis* Zal. и *Cardiopteris falcata* Zal. Кроме указанных видов обнаружены в этой коллекции след. формы: *Pecopteris* n. sp., *Taibia tyrganensis* Zal., *Phyllotheca deliquescens* Goeppert, *Nephropsis integerrima* (Schmalh., *Lepeophyllum gemmatum* Zal., *Lepeophyllum insigne* Zal.

Несомненно она соответствует верхней части томской свиты и части вероятно уньгинской подсвиты в Томском разрезе. Эта часть в этом разрезе выражена слишком незначительною толщею осадков, чтобы быть отмеченной наблюдателем в ее границах с указанными формами абинской свиты. Описания иллюстрируются изображениями, данными мною для соответственных форм в статье моей: О подразделении и возрасте антраколитовой системы Кузнецкого бассейна на основании ископаемой флоры (Изв. Акад. Наук, по Отд. мат. и ест. наук, 1933, № 4),[1] на фигуры которой в описаниях приведены сноски.

ОПИСАНИЕ ОСТАТКОВ ИСКОПАЕМЫХ РАСТЕНИЙ

CALAMARIALES

Род **Paracalamites** Zalessky

Род *Paracalamites* создан мною для остатков хвощевых пермского времени, у которых от междоузлия к междоузлию нет чередования ребер и борозд, как у рода *Calamites*, а ребра и борозды одного более или менее правильно продолжаются в ребра и борозды соседних с ним, как у нижнекаменноугольного рода *Asterocalamites*.

Paracalamites robustus Zalessky n. sp. (Loc. cit., фиг. 36)

Ядра сердцевинной полости в сплюснутом виде по одному диаметру 92 мм, по другому 38 мм. Междоузлия ядра короткие, длиною от 18 до 27 мм. Ребра и борозды одного междоузлия прослеживаются без чередования в ребра и борозды соседних с ним. Ребра шириною 4.5 мм, борозды, отвечающие сосудным пучкам, около 1 мм. В верхней части ребер каждого междоузлия непосредственно под узлом на каждом ребре чувствуется по выпуклине округлой формы, диаметром около 5 мм, отвечающей месту подхода к сердцевинной полости в толще сердцевинного луча инфранодальной нежной ткани или канала, ею оставленного.

Местонахождение и горизонт. Несколько образов, происходящих из иньской подсвиты кольчугинской свиты с левого берега р. Томи из-под Ерунакова (колл. Д. Г. Самылкина).

[1] В этой работе на стр. 599 мною сделан упрек по адресу М. Ф. Нейбург по поводу исследования ею ископаемой флоры Кузнецкого бассейна. Этот упрек отпадает, так как это исследование она производила, как оказалось, не по личному почину, а по поручению и в общем плане работ Академии Наук СССР по Геологическому музею.

Annularia asteriscus Zalessky. (Loc. cit., фиг. 13)

1930. *Annularia asteriscus* Zalessky. Распространение флоры родственной Гондванской в пределах северной части Евразии. Изв. Акад. Наук СССР, 1930, стр. 925.

Листья узколанцетовидного очертания с остроконечною или несколько округленною верхушкою, маленькие, собраны в кольца в числе от 7 до 12 на тонких побегах в расстоянии от 3—10 мм одни от других и иногда отличающиеся один от другого по величине. Длина листочков обычно 4—5 мм, а ширина их около 1.25—1.5 мм, но на концах побегов они бывают до 2 мм длины и соответственно уже указанной величины. Иногда листья, особенно боковые, бывают 7—11 мм длиною и до 2 мм шириною.

Вид этот имеет сходство с конечными веточками с небольшими листьями *Annularia gracilescens* Halle, вида, описанного из Lower Shihhotse Series Центрального Шанси в Китае, но, насколько известно, у *Annularia asteriscus* в самом развитом ее виде листочки не достигают столь крупных размеров, каких достигают они на развитых побегах у *Annularia gracilescens*, и поэтому нет возможности считать кузнецкий вид тождественным с китайским. Китайский вид встречен в совершенно иной по составу своему флоре, чем наш, что не говорит в пользу тождества этих видов.

Местонахождение и горизонт. Д. Ишанова, канава № 10 (1929) (верхи Ишановской толщи) р. Чесноковка у с. Верхотомского, кровля Первомайского пласта угля; правый берег р. Томи выше Ивановки, давыдовская подсвита томской свиты.

Левый берег р. Уньги в дер. Черемичкиной, уньгинская подсвита кольчугинской свиты.

Lobatannularia Schtschurowskii (Schmalhausen) Zalessky. (Loc. cit., фиг. 37 и 38)

Мутовки несколько спаенных у основания ланцетовидных листьев, изображенные у Schmalhausen'а в его труде: Jura-Flora Russlands (Mém. Acad. imp. des Sciences de St.-Pétersbourg, VII série, t. XXVII, № 4, 1879) на табл. VI, фиг. 2 и 3 из Кузнецкого бассейна из абинской свиты (сел. Афонино) и из кольчугинской (дер. Соколова) отнесены им в род *Phyllotheca* под видовым названием *Schtschurowskii*. Подобные же мутовки более длинных однонервных листьев с морщиноватостью мезофилла вдоль жилки из кольчугинской свиты (дер. Меретская) отнесены им в особый род *Cyclopitys* под видовым названием *Nordenskioldi* Heer, так как с этими остатками был отождествлен им ошибочно *Pinus Nordenskioldi* Heer. Род *Cyclopitys* он

отнес к сем. *Taxaceae*. Изучение оригиналов Шмальгаузена как этих, так и его *Cyclopitys Nordenskioldi* из Тунгузского бассейна (Сука), изображенных там же на табл. XIV, фиг. 6—8 убедило нас в полном тождестве остатков, описанных под этими разными родовыми и видовыми названиями, и мы выбрали для этого вида растений, принадлежащего несомненно к хвощевым, первое название. Сращение между собою листьев мутовки в основании их говорило за возможность отнесения их к роду *Phyllotheca*. Этот же вид *Phyllotheca* мною представлен многими образцами в моем атласе: «Палеозойская флора Ангарской серии (фиг. 1, 3, 4, 5 и 6, табл. XXIV, фиг. 5—7, табл. XXV; фиг. 4, табл. XXVI; фиг. 1, XXX; фиг. 1 и 7, табл. LIII), между которыми имеются листовые мутовки, где сращение в основной части их листьев между собою особенно ясно, но никогда не попадались образцы, где эти листочки были бы спаяны на всем их протяжении, как это наблюдается у рода *Schizoneura*. Интересные образцы подобных листьев имеются у меня в руках от М. Нейбург, найденных на р. Ускате ниже села Сергеева, в осадках кольчугинской свиты. Эти образцы изображены мною на фиг. 37 и 38. В то время как на одном образце оттуда, не изображенном, листья мутовки спаяны между собою только у основания, как это обычно наблюдается на большинстве образцов этого вида, на двух других образцах фиг. 37 и 38 они уже спаяны на всем протяжении листьев по три или даже четыре и шесть вместе с образованием сложных листовых пластинок со многими жилками, расположенных на образце фиг. 38 по два с каждой стороны стебля. На этих пластинках между жилками выражены только складки, по которым может впоследствии произойти расщепление их на однонервные листья. К концу, как это видно на образце фиг. 38, эти пластинки с заостренною верхушкою. Морщиноватость мезофилла листьев вследствие сокращения ткани особенно хорошо проявилась на отпечатках некоторых листовых пластинок, как на образце фиг. 37. Эта находка говорит, пожалуй, что помещать *Phyllotheca Schtschurowskii* (Schmalh.) в род *Phyllotheca* не стоит, и что наиболее естественным будет этот вид растений поместить в род или *Schizoneura* или еще лучше в род *Lobatannularia* Kawasaki (= *Annularites* Halle), созданный для растений промежуточных по характеру своих кольчатых листьев между *Schizoneura* Schimper и *Annularia* Sternberg.[1] Основными типами рода *Lobatannularia* по Kawasaki надо признать *Annularia inaequiformis* Tokunaga, *Schizoneura heianensis* Kodaira и *Schizoneura nampoensis* Kawasaki, а по Halle для его рода

[1] S. Kawasaki. The Flora of Heian System. Pt. I.: *Equisetales* and *Sphenophyllales*. Bull. on the Geol. Surv. of Chosen (Korea), vol. VI, 1927, p. 10—15.

Annularites[1] — *Annularites ensifolius* Halle, *Schizoneura heianensis* Kodaira, *Ann. lingulatus* Halle и *Ann. sinensis* Halle.

Находкою этих образцов *Phyllotheca Schtschurowskii* на р. Ускате объясняется, почему этот вид в моей статье о распространении Ангаридской флоры в Евразии получил новое родовое название *Lobatannularia;* оно будет употребляться и в дальнейшем, несмотря на то, что эта сращенность листочков в группы, имевшая место, вероятно, только на молодых побегах растения, не всегда может быть обнаружена на всех остатках этого вида, так как с возрастом листьев они расщепляются по складкам на составляющие их однонервные лопастинки и становятся похожими на листья *Annularia* и *Phyllotheca*.

SPHENOPHYLLALES

Sphenophyllum denticulatum Zalessky. (Loc. cit., фиг. 14)

Клиновидные листочки, расположенные в мутовки по 6—7 в каждой на тонких бороздчатых побегах, длиною 7 мм и шириною у верхушки их от 4 до 5 мм, с зубчатым верхушечным краем в четыре или пять остроконечных зубца. Зубцы эти, 1.75 мм длиною и у основания своего до 1 мм шириною, отделены один от другого остроконечными же синусами.

Жилки клиновидных листочков вильчато делятся в основании их, и каждая ветвь ее вскоре же делится еще раз. Каждое ответвление жилковой ветви заканчивается в остроконечном зубце. В пятизубчатом клиновидном листочке одна внутренняя ветвь второй дихотомии делится по середине листочка еще раз.

Sphenophyllum denticulatum отличается от известного каменноугольного вида *Sphenophyllum cuneifolium* Sternberg своими характерными зубцами и более простым своим жилкованием.

Местонахождение и горизонт. Кровля пласта угля «Первомайского», правый берег р. Чесноковки близ с. Верхотомского. Давыдовская подсвита томской свиты.

FILICALES et PTERIDOSPERMAE

Sphenopteris eurina Zalessky. (Loc. cit., фиг. 15)

1930. *Sphenopteris eurina* Zalessky. Распространение флоры родственной Гондванской в пределах Северной части Евразии. Изв. Акад. Наук СССР, 1930, стр. 925.

Перо предпоследнего порядка узкотреугольного очертания, шириною в средней части в зависимости от размеров его от 2 до 5.5 см, несет чере-

[1] T. G. Halle. Palaeozoic plants from Central Shansi. Palaeontologia Sinica. Ser. A, vol. II, fasc. I, Peking, 1927, p. 19—29.

дующиеся узкотреугольные перья второго порядка, постепенно убывающие к верхушке, длиною от 15 до 40 мм. Сидящие на них чередующиеся треугольно-овального или овального очертания лопастные перышки в зависимости от размеров перьев изменяются от 2 до 8 мм длиною и в основании перед сужением от 1.5 до 4.25 мм шириною. В верхушечной части перьев предпоследнего порядка они более или менее равнобедренно-треугольной формы с небольшою перетяжкою в основании с 3 или 5 лопастями по краю, а в нижних частях их значительно удлиняются с образованием по краю 7 или 9 лопастей в свою очередь иногда с трехлопастным краем, с одною верхушечною и с двумя, тремя, четырьмя с каждой стороны. Пластинка перышка пробегается среднею жилкою, ответвляющею в каждую лопасть по вильчато делящейся жилке, внутренняя веточка которой иногда в свою очередь делится еще раз. Черешки перьев предпоследнего и последнего порядков покрыты точками от покрывавших их при жизни мелких чешуек.

На указанной фиг. (loc. cit.) изображена верхушка мало развитого пера предпоследнего порядка на различных ее участках при увеличении в 2 раза. Более развитая форма этого вида отмечается мною названием *tomiensis*.

Местонахождение и горизонт. Дер. Ишанова, канава № 12, 1929, правый берег р. Чесноковки н у села Верхотомского, кровля пласта Первомайского. Лог «Мосточки», впадающий в р. Балахонку, д. Старая Балахонка. Река Заломная, левый берег выше устья Мунашкиной. Река Томь, правый берег, в 2—3 км выше Ивановки. Северный конец скальной выемки у дер. Завьяловой, пласт Флорский. Давыдовская подсвита томьской свиты. Левый берег р. Северной Уньги в дер. Черемичкиной. Уньгинская подсвита кольчугинской свиты.

Sphenopteris izylensis Zalessky. (Loc. cit., фиг. 16)

Перо предпоследнего порядка шириною около 17 мм, несет под углом 40°—60° чередующиеся перья последнего порядка, которые несут постепенно убывающие к верхушке пера чередующиеся перышки. Эти последние в общем округлой формы со многими лопастями по краю и сидят несколько более суженным основанием. На некоторых перышках выражена ясно трехлопастность их, причем каждая лопасть в свою очередь имеет слабо лопастный край. Длина перышка у основания перьев последнего порядка около 3.3 мм, а ширина около 2 мм. Перышко пробегается по

середине среднего жилкою, ответвляющей в каждую лопасть с чередованием по жилке, иногда на конце дихотомирующей.

Единственный образец этого вида, доставленный В. Д. Фомичевым, изображен в указанной статье на фиг. 16 при увеличении в 3 раза.

Местонахождение и горизонт. Близ деревни Завьяловой на реке Б. Изылы, северный конец скальной выемки, пласт угля «Флорский». Давыдовская подсвита томьской свиты.

Cardiopteris tomiensis Zalessky. (Loc. cit., фиг. 17)

Перья последнего порядка, шириною 5—3 см, несут чередующиеся удлиненные перышки с сердцевидным основанием. Длина их достигает 26 мм при ширине около 10 мм. Многократно, обычно трояко, вильчато делящиеся жилки с неправильным дугообразным, местами волнистым ходом подходят к середине перышка несколькими стволами своих разветвлений. Эти стволы жилок протягиваются на некотором расстоянии почти параллельно один другому и тянутся самостоятельно без слияния их в среднюю жилку. К краю перышка на протяжении одного сантиметра подходят до 22 окончаний жилок, что делает все жилкование перышек довольно густым. Всего один образец обрывка пера последнего порядка, изображенного на фиг. 17.

Местонахождение и горизонт. Сланцы на правом берегу р. Томи в 440 м выше балки Елыкаевой. Давыдовская подсвита томьской свиты.

Род **Angaropteridium** Zalessky. (Loc. cit., фиг. 19 и 20)

Название *Angaropteridium* дается мною взамен *Neurogangamopteris*, рода, установленного мною для принятия растения, описанного Шмальгаузеном под названием *Neuropteris cardiopteroides* Schmalhausen, относя сюда округлые циклоптероидные перышки с радиально расходящимся жилкованием, изображенные у Шмальгаузена в его работах «Ein fernerer Beitrag zur Kentniss der Ursa-Stufe Ost-Sibiriens». Bull. Acad. imp. Sciences, St. Pétersbourg, vol. X, № 4, p. 742 и «Pflanzenreste aus der nordwestlichen Mongolei in Pflanzenpaläontologische Beiträge». Bull. Acad. imp. Sciences, St. Pétersbourg, vol. XXVIII, № 4, p. 433.

Я отделяю от этого вида перистые листья с овальными небольшими перышками с кардиоптероидным жилкованием, изображенным Шмальгаузеном во второй работе на табл. II, фиг. 1, 5, 7 и 8, хотя ранее относил их (см. мой атлас «Палеозойская флора Ангарской серии») как молодую стадию развития листа к *Neuropteris cardiopteroides* Schmalhausen. Эти

перья с небольшими перышками я отношу к описываемому в другой работе виду *Cardiopteris sibirica* Zal.[1]

Основанием изменения родового названия *Neurogangamopteris* на *Angaropteridium* послужило то обстоятельство, что анастомозы, иногда видные между продольными жилками перышек, — единственный признак, по которому они сходны с *Gangamopteris*, — с одной стороны, не всегда обнаруживаются на отпечатках, а с другой, ни в какой степени не могут указывать на родство *Gangamopteris* с *Neuropteris*, какое можно было бы себе вообразить по названию *Neurogangamopteris*. После нахождения образцов *Angaropteridium cardiopteroides* (Schmalh.), на которых округлые циклоптероидные листья сидели в чередующемся порядке при помощи небольшого черешечка по обеим сторонам стержня, постепенно уменьшаясь к одному основному концу его (а, быть может, и у самой верхушки пера) ясно, что *Angaropteridium* надо понимать как одноперистые вайи (loc. cit., фиг. 19), сидевшие вероятно на невысоко приподымающемся стебле. Предположительно я отношу к *Angaropteridium cardiopteroides* стебель с черешками, изображенный на фиг. 1. По строению своей вайи *Angaropteridium cardiopteroides* Schmalh. напоминал одноперистые вайи рода *Gondwanidium* с тою разницею, что у последнего перышки вайи были невроптероидными, а самые вайи сидели на корневище в виде небольших кустиков. Вероятно оба эти типа папоротниковидных растений (наверное, папоротникосеменных) составляли обычный подлесок или травяной покров кузнецких и минусинских лесов пермского времени, составленных главным образом, по крайней мере для кузнецких, из *Mesopitys Tchihatcheffi* (Goeppert) и другого родственного ему дерева, древесина которого описана мною под названием *Dadoxylon mungaticum* Zalessky.

Angaropteridium cardipteroides (Schmalhausen). (Loc. cit., фиг. 19)

Округлые перышки этого вида с более или менее выраженным сердцевидным основанием с расходящимися от основания многократновильчато делящимися жилками с редкими косвенными анастомозами между ними сидели на более или менее толстом черешке в чередующемся порядке при помощи короткого черешечка.

[1] Обращаю внимание читетеля, что в описании этого вида как и *Cardiopteris askyzensis* (M. Zalessky. Observations sur les végétaux nouveaux paléozoïques de Sibérie. Annales de la Société Geol. du Nord., t. LVII, p. 118 et 119) вкралась досадная опечатка в указании 13 жилок, подходящих к краю перышек на протяжении одного сантиметра, тогда как их подходит к краю до 36.

Участки таких перьев были найдены как в Минусинском бассейне в черногоровской свите, так и в Кузнецком бассейне в томьской свите. Один образец *Angaropteridium cardiopteroides* из Минусинского бассейна



Фиг. 1. Стебель, предположительно относящийся к *Angaropteridium cardiopteroides* (Schmalh.). Дер. Ишанова, кровля пласта Нового. Давыдовская подсвита томьской свиты. 1 : 1.

показывает основной участок пера, где перышки постепенно убывают к основанию пера, как это имеет место у *Gondwanidium sibiricum* (Petunnikov) и *Gondwanidium validum* (Feistmantel). На этих образцах анастомоз между продольными жилками не видно, но продольные жилки многократно вильчато делящиеся хорошо видны, и жилкование перышек во всем сходно с жилкованием отдельных перышек *Neuropteris cardiopteroides* как из

79*

Монголии (Кара-Тарбагатай), изображенных Шмальгаузеном и снова изображенных мною в моем атласе: «Палеозойская флора Ангарской серии», так и отдельных перышек из черногоровской свиты (томской) в Минусинском бассейне и из томской свиты Кузнецкого бассейна (для изображений см. работу мою «Observations sur les végétaux nouveaux paléozoiques de Sibérie»). Размеры перышек значительно варьируют в зависимости от бывшего положения их на пере и величины самого пера, но жилкование всех этих перышек одинаково как в отношении густоты их, так и в отношении характера их отхождения от основания. Мною изображен (loc. cit., фиг. 19) один образец *Angaropteridium cardiopteroides*, представляющий обрывок пера, с 6 сидящими еще на стержне перышками, отвечающий, вероятно, верхушечной части большой одноперистой вайи (дер. Ишанова, кровля пласта «Нового»).

Местонахождение и горизонт. Во всей томской свите обычно. Овраг «Мосточки» близ Старой Балахонки, правый берег р. Чесноковки у с. Верхотомского, кровля пласта «Первомайского»; Томь, правый берег выше дер. Ивановки в 2—3 км; р. Заломная, левый берег выше устья р. Мунашкиной и в других местах. Кровля пласта «Нового», дер. Ишанова (Фомичев). На левом берегу р. Северной Уньги у дер. Черемичкиной, из уньгинской подсвиты кольчугинской свиты.

Angaropteridium laceratum Zalessky

Перышки, сидевшие на стержне пера почковидной или округлой формы с сердцевидным основанием и неправильными или треугольными вырезами по краю. Жилки, расходящиеся от основания перышка к краям его и трижды дихотомирующие.

Если эти перышки не являются особыми своеобразными перышками *Angaropteridium cardiopteroides* Schmalhausen, сидевшими на определенном месте пера, или изуродованными, в чем убедиться не пришлось, они должны составлять, конечно, по характерной форме своей новый вид.

Местонахождение и горизонт. Такие перышки были встречены мною только в одном местонахождении в овраге «Мосточки» у Старой Балахонки, в давидовской подсвите томской свиты и в той же свите в кровле пласта угля «Пермайского на пр. бер. р. Чесноковки». Изображение этого вида *Angaropteridium* дано в моей работе: «Observations sur les végétaux nouveaux du terrain permien du bassin de Kousnetzk I».

Neuropteris siberiana Zalessky. (Loc. cit., фиг. 18)

Перья последнего порядка шириною 13 см несут чередующиеся перышки большой длины, более или менее дугообразно изогнутые вперед. Длина последних 6.5 см при ширине около 14 мм. К верхушке они все постепенно суживаются, а к основанию иногда резко расширяются с одной стороны, образуя род ушка, сидя на стержне пера всегда только среднею частью своего основания. Перышко пробегается среднею жилкою, от которой отходят под углом около 20° в стороны дугообразные боковые дважды или трижды дихотомирующие жилки. К краю перышка подходят на один полусантиметр до 12—13 разветвлений жилок. Этот вид устанавливается на двух образцах (позитивных отпечатках) обрывков перьев последнего порядка, в верх. р. Балахонки у дер. Барановой в осадках томской свиты.

Быть может к этому виду или близкому ему, надо отнести невроптероидное перышко, представленное на фиг. 7, табл. 1 моего атласа: «Палеозойская флора Ангарской серии» предположительно, но ошибочно отнесенное к *Neurogangamopteris cardiopteroides* (Schmalhausen). Возможно, к близкому виду *Neuropteris* надо отнести невроптероидное перышко, изображенное мною в том же атласе на табл. VIII, фиг. 8. Образец происходит с Мазаловского Китата и был отнесен ошибочно мною к *Neurogangamopteris cardiopteroides* (Schmalh.). *Nevropteris siberiana* несколько напоминает саблевидною формою своих перышек крупные перышки *Nevropteris dichotoma* Neuburg из Анжеро-Судженского района, но определенно отличается от перышек этого последнего вида хорошо выраженною среднею жилкой, которая у *Nevropteris dichotoma* выражена только самое большое до половины длины перышек, а обычно только до трети ее. На меньших перышках же эта жилка у последнего вида совсем не выражена, и перышко по жилкованию своему имеет более кардиоптероидный, чем невроптероидный характер.

Местонахождение и горизонт. Верховье р. Балахонки у дер. Барановой (колл. Нейбург) и на р. Мунгате у с. Крапивенского. Давидовская подсвита томской свиты.

Caractchetopteris superba Zalessky n. g. et sp. (Loc. cit. фиг. 43)

1931. *Caractchetopteris superba* Zalessky. Observation sur l'extension d'une flore fossile voisine de celle de Gondwana dans la partie septentrionale de l'Eurasie. Bull. Soc. Géol. de France, 5-e série, t. II, 1932, № 1—2, p. 122, fig. 10.

Перо последнего порядка около 15 см шириною несет под прямым углом сидящие на толстом (до 3.5 мм толщиной) черешке крупные, вероятно, чередующиеся перышки свыше 7.5 см длиною и около 3 см шириною.

Перышки в общем удлиненноовального очертания с глубоко-перисто-расщепленным краем. Удлиненные неправильного очертания сегменты перистоизрезанного перышка направлены вперед, чередуясь на обеих сторонах его, и в свою очередь имеют лопастный или крупнозубчатый край. Разделяющие сегменты синусы узкотреугольного очертания и несколько загибаются назад вследствие низбегающего характера первых. По середине перышка пробегает средняя жилка, ответвляющая в обе стороны в каждый сегмент по одной или по две простой и дихотомирующей жилке. Эти последние, пробегая сегменты, в свою очередь отсылают в стороны к лопастям или зубцам по одной простой или дихотомирующей жилке.

Всего имеется один образец этого нового папоротника, представленного позитивным и негативным отпечатками обрывка пера последнего порядка с двумя перышками, сидящими на черешке справа. Верхнее перышко без ясного прикрепления к нему в виду плохо сохранившегося основания его, а нижнее, ясно сидящее на нем под прямым углом, но залегающее в породе не в одной плоскости, с наклоном ее к верхушке пера.

Местонахождение и горизонт. В иньской подсвите кольчугинской свиты на левом берегу р. Тыхты, в дер. Соколовой совместно с *Pecopteris anthriscifolia* G., *Paracallipteris altaica* Z., *Noegerathiopsis aequalis* (Goeppert), *Tychtopteris cuneata* Z., *Pecopteris tychtensis* Z., *P. synica* Z. и *Rhipidopsi palmata* Z.

Pecopteris angaridensis Zalessky n. sp. (Loc. cit., фиг. 22)

Перо первого порядка шириною 43 мм удлиненноовального очертания несет в чередующемся порядке вторичные перья узкотреугольного очертания, длиною от 19 мм до 24 мм и шириною у основания до 10 мм. Перышки узкотреугольной формы, наиболее развитые длиною 5.5 мм и шириною у места прикрепления 3 мм, и сидят на стержне всем своим основанием, будучи немного сращенными здесь один с другими и отделены треугольным синусом. Лопатные края их имеют по 2—3 лопасти на каждой стороне и небольшую непарную лопасть на верхушке. Перышко пробегается среднею жилкою, ответвляющею в каждую лопасть по жилочке. Эта последняя вильчато делится в каждой лопастинке его, причем внутренняя веточка в нижних лопастинках в свою очередь делится еще раз.

Местонахождение и горизонт. Образцы этого с мелкими перышками *Pecopteris* были найдены в кровле пласта угля «Нового» на Ишановской разведке В. Д. Фомичевым.

Местонахождение и горизонт. Дер. Ишаново или Давыдово, кровля пласта «Нового». Давыдовская подсвита томской свиты.

Pecopteris uscatensis Zalessky n. sp. (Loc. cit., фиг. 39)

Верхушечная часть пера последнего или вернее предпоследнего порядка, шириною 37 мм, несет с обеих сторон чередующиеся длинные и узкие перышки 16 мм длиною и 6 мм шириною. Перышки, сидящие на пере всем своим основанием, на верхушке закруглены и имеют правильный лопастный край, по которому можно судить, что перышки, сидевшие на пере ниже, должны были быть перистыми и представляли собою перья последнего порядка, а перо, несшее их, было пером предпоследнего порядка. Каждое перышко или перо предпоследнего порядка пробегается сильною срединною жилкою, от которой в чередующемся порядке или почти супротивно отходят в каждую лопасть по жилке, разбивающейся на две или на три дихотомирующие ветви, равномерно распростирающиеся по ней и подходящие к ее краю.

Всего один отпечаток обрывка пера, доставленный В. И. Яворским из под дер. Иганино на р. Ускате.

Местонахождение и горизонт. Правый берег р. Уската, дер. Иганино, Иньская подсвита кольчугинской свиты.

Pecopteris synica Zalessky n. sp. (Loc. cit., фиг. 42)

1931. *Pecopteris caractchetensis* Zalessky. Observations sur l'extension d'une flore fossile voisine de celle de Gondwana, dans la partie septentrionale de l'Eurasie. Bull. Soc. Géol. de France, 5 série, t. II, 1932, № 1—2, p. 122.

Перо предпоследнего порядка 65 мм шириною несет по обеим сторонам косвенно сидящие на нем под углом 52°, чередующиеся перья последнего порядка, шириною 15 мм. Перышки этих последних, сидящие на стержне пера косвенно под углом 30—40° всем своим основанием, продолговаты почти с параллельными боковыми краями и островатою верхушкою и с слабо выраженными лопастями на них. Длина перышек 12 мм при ширине 4 мм. Перышко пробегается среднею тонкою жилкою, ответвляющей в стороны чередующиеся простые жилки, только иногда дихотомирующие при подходе к краю. Этот *Pecopteris* является обычным для верхнепермских слоев р. Большой Сыни и вообще р. Печоры. До отожествления Кузнецкого образца с *Pecopteris synica* Z. я его считал новым и называл *Pecopteris caractchetensis*, название, считаемое мною теперь синонимом.

Местонахождение и горизонт. Левый берег р. Тыхты у дер. Сокловой. Иньская подсвита кольчугинской свиты.

Cladaphlebis tychtensis Zalessky n. sp. (Loc. cit., фиг. 40 и 41 под названием *Pecopteris tychtensis* Z. и фиг. 2 здесь)

1845. *Sphenopteris imbricata* Goeppert in P. Tchichatcheff: Voyage scientifque dans l'Altai Orientale et les parties adjacentes de la frontière de Chine, pl. 29, fig. 10, 11, 12, 13.
? *Nevropteris adnata* Goeppert. Ibidem, pl. 27, fig. 5 et 6.

Вайя большого размера, по крайней мере, трехперистая. Первичные перья с толстым стержнем от 2—6 мм толщиною, шириною 16—20 см, несут чередующиеся или почти супротивные перья второго порядка узкотреугольного очертания, шириною в месте прикрепления своего до 3.5 см и длиною по крайней мере 7 см, а то и более. Чередующиеся перышки, сидящие на стержне вторичного пера под углом 70°, постепенно уменьшающиеся в величине к верхушке его, треугольного очертания, так как, сидя на черешке всем своим основанием, постепенно суживаются к верхушке, принимая иногда, особенно на вторичных перьях верхушечной части первичного пера, слабосерповидный характер. Боковые перья их более или менее волнисты. Местами волнистость краев переходит в его городчатость или даже лопастность. От средней несколько волнистой жилки перышка отходят в обе стороны чередующиеся боковые жилки. В основной части своей они вильчато делятся, и каждая из веточек их или только одна дихотомирует еще раз.

Я имею несколько образцов этого вида; один из них, изображенный на фиг. 40 слева представлен как позитивным, так и негативным отпечатками обрывка первичного пера; другой, представленный также обоими отпечатками, частично, одним своим пером вторичного порядка изображен на фиг. 40 справа. Фиг. 41 изображает отпечаток небольшого обрывка вторичного пера, интересного хорошо выраженною серповидною формою своих перышек. Образцы, изображенные на фиг. 40, имеют очень большое сходство по форме и характеру жилкования своих перышек с *Sphenopteris imbricata* Goeppert, как этот вид изображен Goeppert'ом на его фиг. 10 и 11 с отметкою, что эти фигуры изображают нижнюю часть первичного пера (pars frondis inferior). Сходство это настолько очевидно, что не подлежит сомнению, что изображаемые мною образцы должны быть отнесены к виду Goeppert'а, которые надо, конечно, отнести не к *Sphenopteris*, а к *Pecopteridae*, а именно к роду *Cladophlebis*, пекоптероидный вид перышек у которого принимает серповидный характер. Обрывки перьев, изображенные на фиг. 41, и на фиг. 2 в этой работе, особенно на первой, принадлежат более верхней части, чем те, о которых была уже речь, а потому ближе напоминают своим обликом образец *Sphenopteris imbricata* Goeppert, изобра-

женный последним на его фиг. 12 и 13 и представляющий участок более верхней части вайи, чем изображенные на фиг. 10 и 11. Фиг. 13 Goeppert'а по характеру своих перышек мало чем отличается от нашей фиг. 41, разве только у нашего обрывка пера перышки ясно серповидной формы, что на фиг. 13 Goeppert'а на трех перышках незаметно, а на четвертом выражено в значительно меньшей степени. Мне думается, что *Nevropteris adnata* Goeppert, изображенный последним на фиг. 5 и 6, является, повидимому, только участком вайи того же *Cladophlebis imbricata* (Goeppert), где перышки более коротки и имеют более простое жилкование, где боковые жилки дихотомируют только раз, а не два. В этом отношении перышки *Cladophlebis* (*Nevropteris*) *adnata* довольно близко напоминают перышки наших образцов *Cladophlebis imbricata*, особенно, если принять во внимание несовершенные рисунки Goeppert'а. Что *Nevropteris adnata* Goeppert скорее всего *Cladophlebis imbricata* (Goeppert) говорит также наблюдающаяся как будто местами волнистость краев перышек *Nevropteris adnata* Goeppert, видная на фиг. 5 Goeppert'а.[1]





Фиг. 2. *Cladophlebis tychtensis* Zalessky (= *Pecopteris imbricata* Goeppert sp.). Левый берег р. Тыхты, дер. Соколова. Иньская подсвита кольчугинской свиты. 1 : 1.

В виду того, что Goeppert изобразил различные участки вайи одного и того же папоротника к двум различным видам, помещенным к тому же к двум разным родам и описал первым образец, названный им *Nevropteris adnata*, это видовое название должно было бы иметь приоритет перед *imbricata*. Но предпочесть следует второе, так как образцы под этим названием вполне точно передают признаки, отмеченные на наших образцах, тогда как для *Nevropteris adnata* рисунок этой формы недостаточно хорош и остается сомнение в видовом тождестве его с *Cladophlebis imbricata*. При полевой работе моей этот папоротник мне показался новым, и я отметил его названием *Cladophlebis tychtensis*. Найдя после сходство наших образцов по рисункам с *Sphenopteris imbricata* Goeppert, приходится считать мое видовое название *tychtensis* только синонимом более старого названия *imbricata*. Я все же считаю предпочтительным употреблять новое название *tychtensis* по соображениям излагаемым ниже.

[1] Формы *Cladophlebis*, изображенные мною в моем атласе: «Палеозойская флора Ангарской серии», как *Cladophlebis adnata* Goeppert к этому виду не относятся. Вероятно эти образцы *Cladophlebis* происходят из отложений мезозойских и только ошибочно считались найденными в отложениях палеозойских.

Шмальгаузен относил *Sphenopteris imbricata* Goeppert к *Sphenopteris anthriscifolia* Goeppert и объединил эти две формы под названием *Cyathea Tchihatcheffi*. Это, конечно, неверное представление. *Sphenopteris anthriscifolia* совершенно отличный вид от *Sphenopteris imbricata* Goeppert и тождествен с *Pecopteris leptophylla* Bunbury. Путаница в синонимике этих обоих видов Goeppert'a, сделанная Шмальгаузеном, говорит за то, что новое название, данное мною для *Sphenopteris imbricata* Goeppert следует сохранить предпочтительно перед старым. За это говорит еще то, что у Goeppert'a имеется и другое растение, изображенное у него в его монографии ископаемой флоры Пермской формации с тем же видовым названием, но помещенное им в род *Nevropteris* (см. табл. X, фиг. 1, 2). Так как оно по признакам своим должно быть отнесено в род *Pecopteris,* сохранение двух разных одноименных видов одного рода было бы неудобным, ибо помещение мною *Sphenopteris imbricata* в род *Cladophlebis* основывается мною только на некоторых незначительных частях вайи. Правда, мною признается, что *Pecopteris (Nevropteris) imbricata* Goeppert тождествен с *Pecopteris densifolia* Goeppert, и это последнее название может быть сохранено для указанного вида, и таким образом вопрос о наличии двух одноименных различных видов рода *Pecopteris* отпадает, но мне кажется, что вся эта путаница в названиях, раз она определенно выяснена, должна быть выброшена из обихода науки, а это возможно кардинально сделать, только отказавшись употреблять старое название, с заменой его новым. Этими соображениями я и руководствовался, поставив в заголовке приведенного описания название *tychtensis.*

Местонахождение и горизонт. Левый берег р. Тыхты у дер. Соколовой. Иньская подсвита кольчугинской свиты.

Род **Angaridium** Zalessky n. g.

В новый род *Angaridium* я помещаю перистые листья сибирских и монгольских палеозойских флор, известные под названием *Psygmophyllum Potanini* (Schmalhausen) и *Ps. mongolicum* Zal. В род *Psygmophyllum*, понимаемый мною в узком значении его, приданном этому роду Saporta с двумя основными видами его *Psygmophyllum expansum* Brongniart и *Psygmophyllum cuneifolium* Kutorga, я поместил эти листья на основании известного сходства клиновидных рассеченных небольших перышек их перистых листьев с крупными клиновидными или веерообразными, более или менее рассеченными участками листьев этих последних. Не отрицая

известного сходства их в этом отношении и теперь, я не придаю этому сходству, однако, значения родства между этими растениями, допускающего помещение их в один род, и считаю целесообразным выделить названные растения в самостоятельный род. К роду *Angaridium* кроме указанных двух видов я отношу новую форму, найденную в нижнепермских слоях р. Сылвы и Барды, отмечаемую мною видовым названием *bardense*, которая будет описана в другой работе. Там будет указано также возможное отношение рода *Angaridium* к одному известному уже роду.

Angaridium Potanini (Schmalhausen), Zal. n. g.

(*Psygmophyllum Potanini* Schmalh. sp., loc. cit., фиг. 3 и 4)

Перья одноперистые или двуперисторассеченные, шириною от 2 до 6 см, с чередующимися или почти супротивными, более или менее короткими перьями или перышками, сидящими на стержне под углом 50—60°. Эти короткие перья или перышки, от 13 до 42 мм длиною и от 9 до 32 мм шириною, расчленены на чередующиеся или почти супротивные, сближенные или более или менее отстоящие, небольшие клиновидные сегменты до 8 мм длиною, более или менее рассеченные вдоль на лопасти с закругленною верхушкою. От сближенности или удаленности клиновидных рассеянных сегментов на пере или перышке, последнее то имеет клиновидное, то ясно перистое очертание. Жилкование каждого перышка расходящиеся от короткого черешковидного основания его с вильчатым разделением жилок, подходящих по одной в каждую лопасть верхушечного ее края.

Типичная форма этогого растения, изображенная и описанная Шмальгаузеном под названием *Rhacopteris Potanini* и представленная в нашем атласе: «Палеозойская флора Ангарской серии на табл. III, фиг. 9 и на табл. IV, фиг. 4 имеет перышки ясно клиновидного очертания. Такого же очертания являются они и на образцах этого растения с Тарбагатая, изображенные в том же атласе моем на табл. I под названием *Psygmophyllum Potanini*. Разница между перышками образцов Шмальгаузена и образцов с Тарбагатая в степени развития перышек и в большей или меньшей их рассчленности. Эту типучную форму мы отмечаем названием *typica* в отличие от другой, именуемой нами *tomiensis*, изображенной в статье нашей «О подразделении и возрасте Антракозитовой системы Кузнецкого бассейна на основании ископаемой флоры» на фиг. 3 и 4. Эта форма, изображенная на этих фигурах не особенно удачно в виде небольших участков перьев,[1]

[1] Она будет вновь изображена более удачно в другой нашей работе.

происходит из Кузнецкого бассейна из-под старой Балахонки на р. Томи из местонахождения выше Украинского пласта. В этой последней форме удлиненные перышки имеют ясно перистое очертание вследствие удаленности клиновидных, на конце рассеченных сегментов их, и эта разница в очертании перышек против очертания их у типичной формы может быть объяснена большим развитием вайи. За такую же точку зрения говорит нахождение в том же местонахождении на р. Томи участков вайни с более укороченными, более клиновидными перышками, связывающими эту томьскую форму с типичною.

Местонахождение и горизонт. Правый берег р. Томи, выше Украинского пласта угля у дер. Старой Балахонки. Старо-Балахонкинская подсвита томьской свиты.

Angaridium mongolicum Zalessky. (Loc. cit., фиг. 5 под названием *Psygmophyllum mongolicum* Z.)

Перья последнего порядка, шириною 31 мм, с чередующимися иногда почти супротивными перышками клиновидной формы, сидящими на черешках. Перышки с этими черешками, длиною до 32 мм при ширине пластинки в наиболее широкой верхушечной ее части около 24 мм, сидят на стержне пера под углом 40°. Верхний, срезанный или неправильно округлый край перышка с небольшими городками (округлыми зубчиками) или рассеченный на клиновидные более или менее глубокие лопасти, или лишен этих лопастей. Жилкование расходящееся от черешка с многократным вильчатым делением жилок, подходящих к верхушке пластинки по одной в каждый городок его края.

Этот вид представлен в Кузнецком бассейне на правом берегу р. Томи близ Старой Балахонки в нескольких метрах выше «Украинского» пласта и характеризует нашу старобалахонкинскую подсвиту томьской свиты.

Этот вид, как известно, обнаружен ранее в пермской флоре Буку-Муренской степи совместно с *Callipteris murenensis* Zal. (= *Gondwanidium murenense* Z.). Перышки перьев образцов из Буку-Муренской степи в Монголии обыкновенно на верхушке не рассечены, но образцы с р. Томи из-под Старой Балахонки обычно имеют перышки сильно расчлененными на верхушке и представляют в этом отношении переход к еще более сильно расчлененным перышкам *Angaridium Potanini*, как этот вид представляется на образцах, изображенных в моем атласе: «Палеозойская флора Ангарской серии».

На фиг. 5 изображен образец пера *Angaridium mongolicum* Zal. из-под Старой Балахонки, происходящий из коллекции М. Нейбург.

Местонахождение и горизонт. Правый берег р. Томи выше «Украинского» пласта угля, Старая Балахонка; на р. Б. Чесноковке против устья Макеевки, левый берег р. Томи выше впадения в нее Мунгата. Старобалахонкинская подсвита томской свиты.

Gangamopteris kyzylgaica Zalessky n. sp. (Loc. cit., фиг. 49)

Неполно сохранившиеся листья длиною, вероятно, до 90 мм при ширине от 13 до 20 мм, по форме ясно ланцетовидные, постепенно суживающиеся к основанию и, вероятно, более или менее закругленные к верхушке. Жилки, по середине листа идущие почти параллельно, сближены, но не образуют слиянием своим одной средней жилки; боковые жилки слабо уклоняются от середины листа в стороны, слегка дугообразные. На полусантиметр ширины листа приходится до 11 боковых жилок. Между жилками ясно видны местами косые анастомозы, направленные на обеих сторонах в противоположные стороны к периферии. Так как они сохранились недостаточно отчетливо, везде расстояние их одна от другой между одними и теми же жилками точно определить не представляется возможным. Все же они были расположены довольно тесно. Этот вид известен только по двум обрывкам листьев в отпечатке и рельефе, один из которых изображен на фиг. 49 (из коллекции М. Нейбург), происходящим из осадков так называемой абинской свиты, подстилающей в присалаирской полосе уньгинскую подсвиту кольчугинской свиты.

Местонахождение и горизонт. Поперечная гора на р. Кызылгае, выше дер. Черепановой, абинская свита.

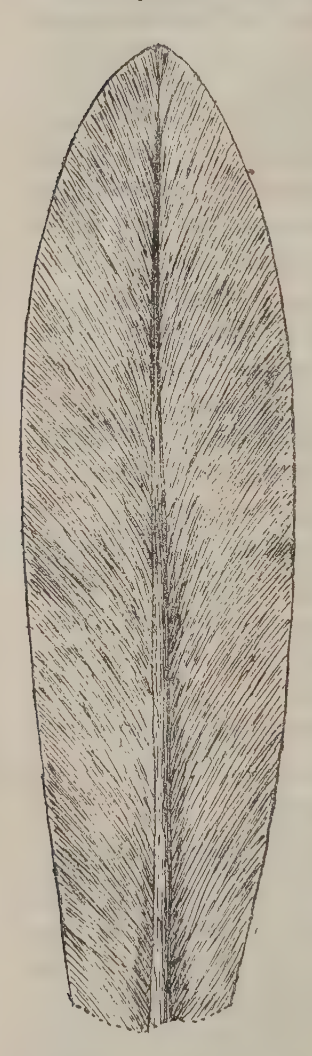
Род **Pursongia** Zalessky n. g.

Типом рода *Pursongia* является *Pursongia Amalitzkii* Zal., ранее относимый мною к роду *Glossopteris*. Этот вид только мною приводился в Известиях Академии Наук СССР 1929 (стр. 679), и описания его я еще не публиковал; я считаю нужным привести это описание здесь, так как род *Pursongia* был обнаружен в Кузнецком бассейне, и нахождение его в этой флоре имеет широкий палеоботанический и геологический интерес.

Pursongia Amalitzkii Zalessky n. g. et n. sp. (фиг. 3, 4 и 5 в тексте настоящей статьи)

Листья удлиненноовальной или ланцетовидной формы более или менее широкие, то узкие, длиною 18—20 см и шириною от 18—55 мм, быстро суживающиеся к основанию, принимающему характер черешка и достигающему ширины 7 мм.

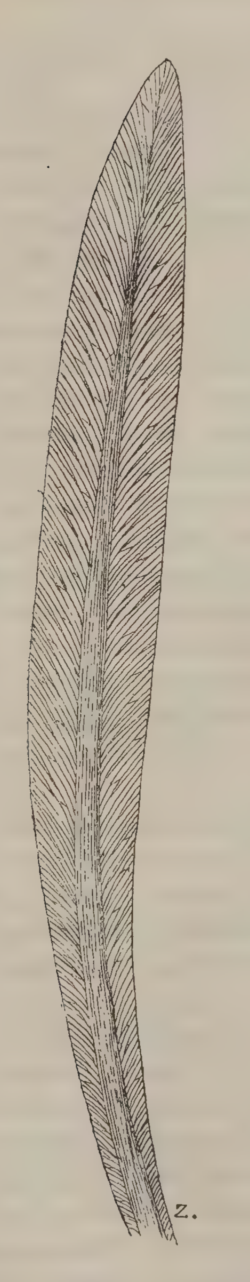
Наиболее широкие листья имеют в ширину от 38 до 42 мм и даже 55 мм, а узкие от 18 до 25 мм, которые следует выделить в разновидность или, быть может, в самостоятельный вид. По средине листа вдоль его пробегает средняя толстоватая жилка, хорошо видимая до самой верхушки. Она до 2 мм шириною в основной части листа, книзу постепенно утолщается, доходя на некоторых листьях в средней части листа до 4—5 мм, с которой кверху начинает постепенно утончаться. Место развития средней жилки выражается на поверхности отпечатков тонкою вдоль листа идущею, параллельною штриховатостью, обусловленной отпечатком на породе находившихся над среднею жилкой под эпидермисом тонких гиподермальных полосок. Такая же штриховка, но дугообразная вместо параллельной получится от отпечатка на породе, по обеим сторонам средней жилки листа, дугообразно изогнутых кверху таких же гиподермальных полосок, тянущихся под эпидермисом. Полоски вильчато делятся на подобие жилок. Боковые правильно дугообразные жилки, идущие от средней жилки под углом около 30° многократно вильчато делятся и соединены между собою косыми анастомозами, но сохранение отпечатков листьев на грубой породе не дает возможности уяснить характер и длину петель, получающихся от этих анастомоз.



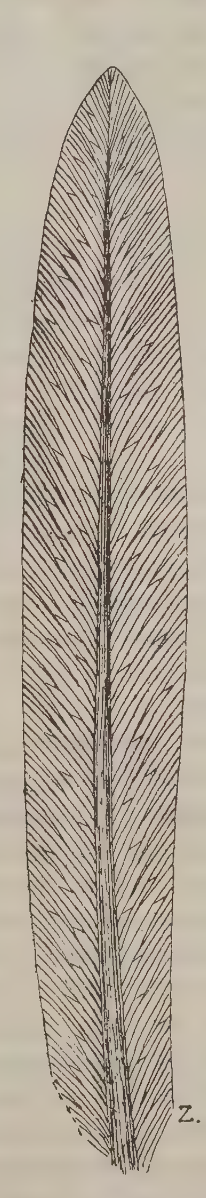
Фиг. 3. *Pursongia Amalitzkii* Zalessky. Малая Северная Двина. Соколки. Верхняя пермь. 1 : 1.

Отпечаток на породе гиподермальных полосок сильно затемняет жилкование и делает очень часто невозможным даже его обнаружить.

Правильный дугообразный ход продольных боковых жилок на листе, что так обычно для *Gangamopteris* скорее, чем для *Glossopteris* и необычайное для *Glossopteris* развитие под эпидермисом гиподермальных полос, местами вильчато делящихся, заставляет считать такие листья принадлежащими растениям, несколько отличным от *Glossopteris*.



Фиг. 4. *Pursongia angustifolia* Zalessky. Левый берег р. Пурсонги притока р. Городишны, у дер. Юшковой. Татарский ярус 1 : 1.



Фиг. 5. *Pursongia angustifolia* Zalessky. Левый берег р. Пурсонги притока р. Городишны, у дер. Юшковой. Татарский ярус. 1 : 1.

Для принятия их я устанавливаю род *Pursongia* по имени реки, в обнажениях берегов которой были найдены довольно сносные отпечатки подобных же листьев, собранных Е. М. Люткевичем. Эти последние близки к тем, которые были обнаружены и собраны в песчаных линзах с конкрециями костяков животных на Малой Северной Двине у Соколок В. П. Амалицким и другими исследователями в других местах развития подобных же линз — М. Б. Едемским и А. П. Гартман-Вейнберг, — но отличаются от последних меньшею шириною своею (от 18—25 мм при длине листа 18—20 см) и меньшею искривленностью в дугу, боковых жилок, — признаками, по которым я выделяю эту форму с Пурсонги, под названием *Pursongia Amalitzkii* forma *angustifolia* (фиг. 5 и 6). В последнее время типичные более широкие листья *Pursongia Amalitzkii*, но в плохом сохранении в песчаниках были открыты А. В. Хабаковым в основании Уфимского яруса на правом берегу р. Сакмары у дер. Кольчумкиной, т. е. из стратиграфического горизонта значительно более низкого, чем местонахождения на Малой Северной Двине и на р. Пурсонге. Напомню, что этот вид по материалам, полученным от проф. М. Э. Ноинского, обнаружен мною на реке Сардыке и на р. Чаксе из красноцветных мергелей, отвечающих копхиревому горизонту Казанского яруса. Один из образцев с р. Сакмары изображен мною в работе моей: «Observations sur les végétaux nouveaux du terrain permien du bassin de Kousnetzk» I.

Он сносно показывает анастомозы среди продольных жилок и штриховку между последними. Сильное развитие гиподермальных полос в листьях *Pursongia Amalitzkii* заставляет думать, что эти кожистые листья были приспособлены к перенесению резких изменений температуры и должны были, вероятно, обитать на открытых местах, на плоскогорьях, где указанные резкие перемены так обычны.

Местонахождение и горизонт. *Pursongia Amalitzkii* в типичной своей форме обнаружена на Малой Северной Двине у Соколок, в Пустых у Черняков, на Северной Двине против погоста Спасопреображенсвого в отложениях Татарского яруса. Узкою своею формою (*f. angustifolia*) этот вид представлен у дер. Юшковой на левом берегу Пурсонги, притоке р. Городишны, правого притока р. Сухоны, в отложениях Татарского яруса. Первая форма обнаружена еще в Казанском ярусе в конхиферовом горизонте и в низах Уфимского (см. выше).

Pursongia asiatica Zalessky n. g. et n. sp. (Loc. cit., фиг. 23)

Листья овальноудлиненной формы, несколько несимметричные, с верхушкою эллипсоидального очертания, резко суживающиеся к основанию, принимающему характер черешка, шириною 1 мм. Длина листьев 12.7 см, а ширина их в наиболее широкой их части около 3.5 см. Листья с ясно выраженною толстоватою среднею жилкою, разбивающеюся к верхушке веерообразно на ряд жилок, не отличающихся от боковых. От средней жилки отходят в стороны дугообразно изогнутые, трижды вильчато делящиеся жилки; между боковым жилками местами различимы косвенные тонкие анастомозы. Там, где можно было наблюдать их между одними и теми же боковыми жилками, они отстоят одна от друкой на расстоянии 2 мм. Между оконечностями боковых жилок на мягком сланце можно наблюдать параллельную жилкам штриховку. Эта штриховка указывает, что над жилками в гиподерме листьев существовали полоски колленхимы, отпечатавшиеся на породе наравне с жилками. Это обстоятельство указывает на то, что описываемые листья, действительно относятся к роду *Pursongia*, отличающемуся от *Glossopteris* помимо несколько отличного характера жилкования, также наличием гиподермальных полосок, отсутствующих, повидимому, у листьев рода *Glossopteris*. Всего один образец отпечатка листа, изображенный (loc. cit., фиг. 23) и доставленный В. Д. Фомичевым.

Местонахождение и горизонт. Д. Ишапова в кровле пласта «Нового» Давыдовская подсвита томьской свиты. Сходство *Pursongia asiatica* с *Pursongia Amalitzkii* с Северной Двины и других мест распространения этого последнего вида очень близко, но я отмечаю эту *Pursongia* из Сибири новым видовым названием, так как вижу некоторое отличие листьев ее в основной части от листьев *Pursongia Amalitzkii*.

Эта часть листа у *Pursongia asiatica* резко суживается в черешок, тогда как у *Pursongia Amalitzkii* это сужение происходит постепенно на бо́льшем протяжении.

Факт нахождения рода *Pursongia* в томьской свите Кузнецкого басейна очень знаменателен, как лишнее доказательство родства нашей Северно-Двинской и Уральской пермской флоры с флорою Кузнецкого бассейна, нижняя угленосная свита осадков которого некоторыми авторами относится к верхнему карбону. Связь флоры этой свиты с элементами пермской флоры вполне очевидна.

В связи с *Pursongia asiatica* интересно рассмотреть отпечатки листьев, отмеченные мною из бассейна р. Ангары (р. Мура) под названием *Glosso-*

pteropsis angarica. В объяснении таблицы в атласе моем: «Палеозойской Флоры Ангарской серии» относительно этих листьев сказано, что родовое название дается в предположении, что листья эти не принадлежат *Gangamopteris glossopteroides* (Schmalhausen), так как между жилками, отпечатавшимися глубоко между выступающими междужильями, не заметно косых анастомоз, открытых мною при тщательном изучении на образцах Шмальгаузена этого последнего вида. Тщательное переисследование изображенных образцов отпечатков листьев *Glossopteropsis angarica* обнаружило существование и у них между жилками косых анастомоз, особенно хорошо видных в первой части листа ниже перерыва. Это обстоятельство заставляет эти листья сближать с листьями *Gangomopteris glossopteroides* (Schmalhausen), видя в них переход жилкования *Gangamopteris* без средней жилки к *Glossopteris* с таковою, так как у *Glossopteropsis angarica* мы видим ясные расположения средних жилок листа скученно по линии средней жилки, которые у *Glossopteris* и у *Pursongia* сливаются вместе для образования толстой средней жилки. Выделение рода *Glossopteropsis,* поэтому является, на наш взгляд, вполне отвечающим фактам и его следует признать родом, связующим род *Gangamopteris* с родами *Pursongia* и *Glossopteris*. Боковые жилки идут у *Glossopteropsis angarica* дугообразно, как у *Pursongia asiatica*, и косые анастомозы между ними вполне отвечают по характеру своему таковым последнего вида. *Glossopteropsis angarica* Zalessky, существенно не отличающийся от *Gangamopteris glossopteroides* Schmalhausen, кажется, должны быть объединены в один вид. Различия в очертаниях листьев надо отнести к изменчивости их формы, не более. В этом случае название видовое *glossopteroides*, данное Шмальгаузеном, как более старое, надо предпочесть более позднему *angarica*, а для родового названия этого вида, если это растение не относить, как это сделал я раньше, в род *Gangamopteris*, надо удержать предпочтительно данное мною (*Glossopteropsis*), так как название *Zamiopteris* дано Шмальгаузеном в предположении того, что эти листья являются только перышками перистого листа или вайи саговидного папоротника, что оказалось совершенно неверным. Образец, изображенный И. Шмальгаузеном в Jura-Flora Russlands, pl. XIV, fig. 3 и отнесенный им ошибочно к *Zamiopteris glossopteroides* Schmalhausen несомненно принадлежит к *Tychtopteris cuneata* Schmalhausen и не может служить опорою взгляда Шмальгаузена о перистом сложении листа *Zamiopteris glossopteroides*, как он ошибочно допускал.

Очень интересно сопоставить находку *Pursongia asiatica* в Давыдовской подсвите томской свиты с находками *Glossopteropsis angarica*, с одной

стороны, и вероятно тождественного этому виду *Glossopteropsis glossopteroides* (Schmalhausen).

Первый вид был найден в бассейне р. Ангары на р. Муре близ дер. Ирбинской. Из этого местонахождения происходит, как известно, *Pecopteris anthriscifolia* (Goeppert), образцы которого оттуда изображены мною в атласе моем на табл. VIII, фиг. 5 и 6. Этот же вид или очень близкий ему найден и на Нижней Тунгузке из того же геологического горизонта, откуда происходит *Glossopteropsis glossopteroides* (Schmalhausen). Из этих интересных фактов можно сделать определенное заключение, что род *Glossopteropsis* является элементом флоры с *Pecopteris anthriscifolia* (Goeppert), характерного растения кольчугинской свиты, а это обстоятельство очень важно как указание, что *Pursongia asiatica* Zalessky — растение, близко родственное *Glossopteropsis angarica* Zal. и *Glossopteropsis glossopteroides* (Schmalh.) — не должно быть элементом значительно отличной по возрасту флоры от флоры кольчугинской свиты, которая должна быть признана по комплексу встречающихся в этой флоре форм верхнепермской. Иначе сказать, флора с *Pursongia asiatica* должна быть флорою пермской, а не верхнекаменноугольной. Наиболее вероятный возраст ее будет нижнепермский.

Повидимому к *Pursongia asiatica* надо отнести обрывки отпечатков листьев, из коллекции М. Нейбург, происходящих из обнажения № 1 в овраге «Мосточки» близ дер. Старой Балахонки. Между дугообразными жилками отпечатков этих листьев можно местами видеть косвенные анастомозы, говорящие определенно за вероятность сделанного определения.

Род **Tychtopteris** Zalessky

1930. *Tychtopteris cuneata* Zalessky. Изв. Акад. Наук СССР, 1930, стр. 926.

Это новое родовое название предложено мною в 1930 г. взамен *Glottophyllum* для принятия в этот род *Ginkgo cuneata* Schmalhausen, когда для этого растения были известны только непарные верхушечные клиновидные перышки перистого листа. Такие неполные перистые перья были найдены на берегу р. Тыхты у дер. Соколовой. Такою находкою было доказано, что растение это обликом своим напоминало папоротник или папоротникосеменное или наконец саговое, а не гинкговое, куда его ошибочно относили. Родовое название *Glottophyllum*, однако, я оставляю для клиновидных листьев с расходящимися многократно дихотомирующими жилками облика *Ginkgo cuneata* Schmalhausen, найденных Е. Ф. Чирковой по р. Большой Сыпе и отнесенных мною в род *Glottophyllum* под новым

видовым названием *synense*. К этому же последнему роду я отношу листья овальной формы, сужающиеся в черешок, найденные в томской свите в овраге «Мосточки», которые описываются в другой нашей работе под названием *Glottophyllum petiolatum*. Систематическое положение этого последнего облика листьев пока неизвестно.

Tychtopteris cuneata Schmalhausen. (Loc. cit., фиг. 44 и 45 и реставрация в Bull. Soc. géol. de France, 5 sér., t. II, fasc. 1—2, 1932, p. 121, fig. 9 (1931)).

Перистые листья с непарным верхушечным округлым на верхушке перышком клиновидной формы с редким жилкованием. Жилки расходящиеся от суженного основания, иногда черешковидного, довольно длинного, и многократно вильчато делящиеся. Боковые перышки пера в общем той же формы, что и верхушечные, но сидят на черешке в чередующемся порядке более широким основанием с многократно дихотомирующими жилками, более или менее низбегающими на черешок. Находимы были обрывки небольших перистых листьев (длиною 37 мм) с двумя перышками на каждой стороне, но по всей вероятности число перышек на каждой стороне могло быть больше. Величина верхушечных непарных перышек могла достигать 15 см длины и до 4 см ширины, а перистый лист значит соответственно мог доходить, во всяком случае, до 24 см длины и до той же ширины, но вероятно был гораздо длиннее этого размера, так как был вероятно многоперышковый.

В указанной нашей работе на фиг. 44 изображается небольшой лист этого растения с пятью перышками (длиною 37 см), из которых верхушечный слит с левым боковым, являющимся как бы лопастью его. Реставрация листа *Tychtopteris cuneata* дана мною в Bull. Soc. géol. de France, sér. 5, t. II, fasc. 1—2, 1932 г. на фиг. 9, на основании отдельных перышек такой же величины, какого размера дан рисунок. Длина перистого листа около 22 см при ширине около 12 см. Интересен образец с отпечатком и контротпечатком обрывка верхушечной части листа *Tychtopteris cuneata*, изображенного на фиг. 45. Образец происходит из окрестностей Ерупаново, где развита кольчугинская свита и доставлен оттуда Д. Г. Самылкиным (лев. бер. р. Томи, над 18 пластом угля). Здесь сохранилась основная часть верхушечного перышка, основная часть левого следующего за верхушечным бокового перышка и часть такого же правого с сохранением на последнем на известном протяжении его естественного края, указывающего, что это боковое перышко было небольшой длины от 3 до 4 м и, вероятно, представляло не настоящее боковое перышко, а только нижнюю правую

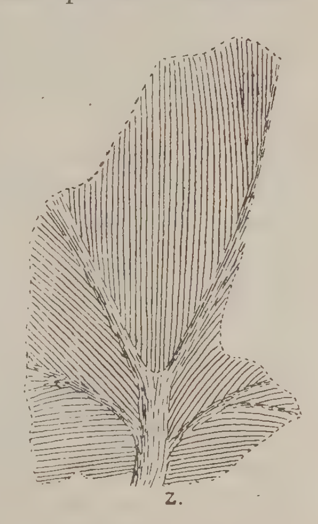
лопасть верхушечного. За лопасть последнего надо признать и боковое перышко левой стороны.

Местонахождение и горизонт. Левый берег р. Тыхты у дер. Соколовой. Иньская подсвита кольчугинской свиты.

Род **Syniopteris** Zalessky

Syniopteris siberiana Zalessky n. sp. (фиг. 6)

Обрывок листа длиною 7 см и шириною 3 см, видного на отпечатке с верхней стороны его. В основной части обрывка пробегает толстоватая жилка, шириною 4.5 мм, прослеживаемая в виде простой на протяжении 19 мм, а выше вильчато разделяющаяся под углом 60°. Ниже этой дихотомии под углом около 50° на расстоянии от нее на 9 мм средняя жилка ответвляет с каждой стороны по боковой жилке, отделяющей близ краев обрывка листа по жилке меньшей толщины. К этим ответвлениям толстоватой жилки, проявляющейся на отпечатке в виде более или менее широких полос, испещренных продольною штриховкою, подходят под острыми углами второстепенные тонкие простые почти прямые или несколько дугообразные жилки с густотою на полусантиметр ширины пластинки до 9. Между ветвями дихотомирующей части главной жилки эти последние подымаются вертикально и идут параллельно между собою, несколько сходясь к верхушке. Между развилком и боковыми ответвлениями главной жилки второстепенные жилки идут под очень острыми углами к последним, а в нижней части листа подходят к средней жилке под открытым, почти прямым, углом.



Фиг. 6. *Syniopteris siberiana* Zalessky. Левый берег р. Томи под пластом 6. Иньская подсвита кольчугинской свиты. 1 : 1.

Известен только один образец этого нового вида, происходящий из дер. Ерунаковой (лев. бер. р. Томи под пластом 6, коллекция Д. Г. Самылкина). Отличие его от *Syniopteris Nesterenkoi*, открытого на р. Большой Сыпе в Печорском крае незначительно, и, насколько можно судить по обрывку листа, Кузнецкий вид этого рода сводится главным образом к большей толщине главной жилки и ее разветвлений и иному несколько отхождению этих последних ниже дихотомии ее.

Местонахождение и горизонт. Левый берег р. Томи, в дер. Ерунаковой, под пластом 6. Иньская подсвита кольчугинской свиты.

CORDAITALES

Noeggerathiopsis subangusta Zalessky. (Loc. cit., фиг. 25)

Листья длинные, узкие, постепенно сужающиеся к островатой верхушке и медленно суживающиеся к основанию. Жилки слабо расходящиеся от основания, многократно дихотомирующие. На полусантиметр ширины листа приходится в средней части листа до 12 жилок.

Величина листьев в зависимости от возраста колеблется; так, короткие листья длиною 10 см и до 12 мм шириною. Крупные свыше 17 м длиною при 17 мм шириною в средней их части. Но несомненно были листья более крупные, так как встречаются обрывки верхушечной части листьев 19 мм шириною. Изображенный (loc. cit.) лист показывает постепенную суженность его к островатой верхушке, обнаруживая в этом отношении большое сходство с верхушкою листьев *Noeggerathiopsis petchorica* Zal. из Печорского края; от указанного вида *Noeggerathiopsis subangusta* отличается значительно более редким жилкованием, которое у Печорской формы очень густое (на полусантиметр ширины листа приходится до 24 жилок).

Местонахождение и горизонт. Правый берег р. Томи в 3 км выше Ивановки. Давыдовская подсвита томской свиты. Правый берег р. Уньги в деревне Черемичкиной. Уньгинская подсвита кольчугинской свиты.

Noeggerathiopsis gracilis Zalessky n. sp.

Листья небольшого размера узколопатовидной формы, т. е. постепенно расширяющиеся к верхушке с узким постепенно сужающимся книзу основанием, шириною около 4 мм. К самой верхушке лист на коротком расстоянии снова суживается, образуя иногда закругленное остроконечие. Ширина листа на верхушке перед сужением его к закругленному остроконечию около 7 мм. Длина листа обыкновенно 8—13 см, но лист, повидимому, мог достигать размерами 18 см, так как наблюдались листья шириною до 11 мм. Жилкование довольно редкое. Жилки многократно вильчато делящиеся. В основной части листа, шириною в 4 мм, насчитывается всего 4 дихотомирующих жилки, а у верхушки листа 12. Изображение листьев этого вида даны мною в моей работе: «Observations sur les végétaux nouveaux du terrain permien du bassin de Kousnetzk» I.

Местонахождение и горизонт. Дер. Ишанова из развед. кан. № 1 и 2 1929, ниже и выше пласта угля «Кирпичного», в кан. № 5 1929 в верхах промеж. толщи. Давыдовская подсвита томьской свиты.

Noeggerathiopsis denticulata Zalessky n. sp.

Листья узколанцетовидной формы вероятно длинные, постепенно сужающиеся к округленной верхушке; обрывок верхушечной части листа несколько искривленный, до 8.5 см длины при ширине в нижней части его 14 мм. На конце верхушки листа заметны зубцы, переходящие на некотором коротком протяжении и на бока его, жилкование постепенно расходящееся от основания. Жилки многократно дихотомируют, причем на один полусантиметр ширины его в нижней части обрывка приходится до 11—12 жилок.

Имеется всего один образец отпечатка обрывка листа этого вида, изображенный мною в моей работе: «Observations sur les végétaux nouveaux du terrain permien du bassin de Kousnetzk» I. Он происходит из дер. Черемичниной на Северной Уньге из осадков уньгинской подсвиты. В самостоятельности этого вида нельзя быть уверенным в виду недостаточного материала. Возможно предположить, что эта форма с зубцами на верхушке принадлежит к *Noeggerathiopsis subangusta*, обнаруживая указанный признак для этого вида, не обнаруженный на других отпечатках его.

Местонахождение и горизонт. Левый берег р. Уньги у дер. Черемичкиной. Уньгинская подсвита кольчугинской свиты.

Noeggerathiopsis candalepensis Zalessky

1931. *Noeggerathiopsis candalepensis* Zalessky. Изв. Акад. Наук СССР. 1931, p. 711—713.

Листья ясно ланцетовидной формы, т. е. суживающиеся к заостренной верхушке и к основанию. Длина их от 11 см до 28 см при ширине в наиболее широкой части листа, (находящейся в конце второй трети длины его основания), от 46 мм до 32 мм.

Жилкование листа густое, состоящее из слабо расходящихся от основания к верхушке жилок, которые на протяжении своем к краю листа несколько раз вильчато делятся. На протяжении одного полусантиметра ширины молодого листа, шириною в широкой части своей 16 мм, приходится до 20 жилок. Лист от наиболее широкой части своей к верхушке суживается очень резко, тогда как к основанию это суживание листа происходит постепенно, иначе сказать верхушка листа короткая, а основная суживающаяся часть очень длинная.

На фиг. 7 изображен при увеличении в два раза участок поверхности коры ветки *Noeggerathiopsis* sp. с листовыми рубцами, сходными с таковыми *Cordaites* из чего ясно, что помимо облика листьев *Noeggerathiopsis* и *Cordaites* кора веток их была также очень похожа. Отпечатки участков таких веток были найдены из-под Ерунакова на р. Томи в кольчугинской свите, где из листьев *Noeggerathiapsis* встречаются обычно два вида *Noeggerathiopsis aequalis* (Goepp.) и *Noeggerathiopsis candalepensis* Zal.



Фиг. 7. Поверхность участка ветки *Noeggerathiopsis* sp. Река Ерунакова, выше устья, над пластом 5. Иньская подсвита кольчугинской свиты. × 2.

Местонахождение и горизонт. Осиновский рудник на правом берегу р. Кондомы в кровле пласта № 6 и песчаники у села Казанкова, на левом берегу р. Томи немного выше впадения в нее р. Салаира. Иньская подсвита кольчугинской свиты. Песчаники Соколовой горы на левом берегу р. Кондомы ниже села Бунина, песчаники в карьере у дер. Бурлыково. Уньгинская подсвита кольчугинской свиты.

Noeggerathiopsis scalprata Zalessky

1930. *Noegerathiopsis scalprata* Zalessky. Изв. Академии Наук СССР, 1930, стр. 221, табл. II. фиг. 1—5.

Более или менее длинные листья, имеющие вид резца или долота; от самого основания с почти параллельными краями, слегка сходящимися в верхней части своей к узкой верхушке с передним тупым краем, длиною свыше 20 см при ширине 2 см.

В молодом состоянии лист узколанцетовидный, суживающийся к основанию и к верхушке. При длине его около 12—13 см он 17 мм шириною в самой широкой части, находящейся немного выше его середины. Встречаются обрывки листьев шириною 29 мм, что дает возможность допустить для них длину 29 см и даже более. Жилки благодаря почти параллельности краев листа, только слегка расходящиеся от основания и вильчато делятся под крайне острым углом. На отпечатке листа, шириною 14 мм насчитывается до 23 ребер, отвечающих междужильным пространствам, а на отпечатке листа, шириною 22 мм их насчитывается 41.

Листья этого вида в приведенной выше статье моей указаны имеющими верхушку с слабо городчатым или зубчатым краем. В бинокулярную лупу край листьев этого не обнаруживает, так что неровность верхушечного тупого края листа, изображенного (loc. cit.) на табл. II, фиг. 2, принятая мною за слабую городчатость, обусловлена плохим сохранением края.

Местонахождение и горизонт. Река Чесноковка, у села Верхотомского в отвалах шахты работавшей пласт Первомайский; совместно с *Noeggerathiopsis Theodori* Tchirkova et Zal. Давыдовская подсвита томьской свиты.

Noeggerathiopsis Tchirkovae Zalessky

1930. *Noeggerathiopsis Tchirkovae* Zalessky. Изв. Акад. Наук СССР, 1930, стр. 220, табл. I, фиг. 6, 7 и 7 *A*.

Узкие постепенно суживающиеся к основанию листья, длиною 16 см и больше, 4 мм шириною у основания и от 12 до 19 мм шириною у верхушки. Жилки их постепенно расходящиеся от основания и многократно дихотомирующие. На верхушке листовой пластинки насчитывается до 20 окончаний дихотомирующих жилок. К самой верхушке листа пластинка несколько суживается и имеет тупое окончание с закругленными боковыми углами и мелко городчатым краем.

Местонахождение и горизонт. Во втором местонахождении растений левого отрога лога «Мосточки», впадающего в р. Балахонку близ дер. Старой Балахонки на р. Томи. Давыдовская подсвита томьской свиты.

Noeggerathiopsis Theodori Tchirkova et. Z. (Loc. cit., фиг. 6 и 24).

1930. *Noeggerathiopsis Theodori* Tchirkova et Zal. Изв. Акад. Наук СССР, 1930, стр. 219, табл. I, фиг. 1—5.

1932. *Noeggerathiopsis Tcheodori* Tchirkova. К стратиграфии угленосных отложений Кузнецкого бассейна и о *Noeggerathiopsis Theodori* n. sp., характерном кордаите томьской свиты. Материалы Центр. Н.-И. Геол. разв. инст. Палеонтология и стратиграфия, № 2, 1933.

Листья ясно лопатовидной формы, длинные, постепенно суживающиеся к основанию и несколько суживающиеся к самой верхушке; развитые листья 16—18 см длиною при ширине пластинки у основания 10 мм и 25 мм в верхней своей части. Нередко листья узколопатовидной формы, длиною до 14 см при ширине в средней части ее 19 мм. Конец верхушки листа округленно заострен. Жилки от основания постепенно расходящиеся и многократно вильчато делящиеся. В самом широком месте верхушечной части листа (шириною 25 мм) перед схождением краев к верхушке насчитывается на один сантиметр ширины пластинки 19—20 жилок, а в основной части ее 14. Молодые неразвившиеся листья также лопатовидной формы, длиною 7—8 см, с пластинкою 7 мм шириною у основания и 16 мм в верхушечной части перед схождением краев к верхушке, которая полуовального очертания с закругленным концом. Лист, вышедший недавно из почки,

но уже несколько вытянувшийся, имеет в длину всего 46 мм при ширине его в верхушечной части 7 мм, а у основания 4 мм.

Местонахождение и горизонт. Отрог оврага «Мосточки», впадающего в р. Балахонку близь Старой Балахонки на р. Томи; правый берег р. Томи в 2 выше Ивановки; р. Заломная левый берег выше устья р. Мунашкиной и в других местах. Давыдовская подсвита томской свиты. Дер. Черемичкино, левый берег р. Северной Уньги. Уньгинская подсвита кольчугинской свиты.

Samaropsis Tchirkovaeana Zalessky

1930. *Samaropsis Tchirkovaeana.* Zalessky Изв. Акад. Наук СССР, стр. 925, 1930 (Loc. cit., фиг. 26):

Плоское семя округленно треугольного очертания почти сердцевидной формы, несколько более широкое, чем длинное, длиною 4 мм и шириною 4.5 мм. Оно заключено в кожистый эписперм, имеющий вид плоского обрамляющего его крыловидного выроста, вытянутого по длине семени, длиною 19 мм при ширине 12.5 мм в наиболее широкой средней своей части. Закругленное основание семени направлено в сторону, где крыло эписперма вытянуто сосковидно, а закругленная верхушка его в сторону, где крыло его по средней линии снабжено треугольной вырезкою. Это оригинальное по большому развитию крыловидного эписперма семя было найдено Е. Ф. Чирковой в 16 экземплярах, отпечатавшихся на обоих половинках породы.

Местонахождение и горизонт. Левый отрог оврага «Мосточки», впадающего в р. Балахонку, дер. Старая Балахонка на р. Томи. Давыдовская подсвита томской свиты.

Samaropsis siberiana Zalessky n. sp. (Loc. cit., фиг. 9)

Плоское яйцевидное семя до 12 мм длиною и до 10 мм шириною заключено в перепончатый или кожистый эписперм, имеющий вид крыловидного в одной плоскости расположенного покрова, расширяющегося постепенно от основания к верхушке и образующего на ней небольшую выемку. Величина семени с этим кожистым покровом 22 мм в длину и 15 мм в ширину, а ширина самого крыла вверху на высоте семени 5.5 мм.

Местонахождение и горизонт. Правый берег р. Томи у дер. Старой Балахонки выше» Украинского пласта угля. Старобалахонкинская подсвита томской свиты.

Samaropsis moracia Zalessky n. sp. (Loc. cit., фиг. 8)

Плоское овальной формы семя, 12.5 мм длиною и 10 мм шириною, облечено в кожистый с морщинками эписперм, имеющий вид крыловидного в одной плоскости расположенного покрова, расширяющегося к одному концу, который, вероятно, является верхушкою, а противоположный конец основанием семени. На верхушечном конце заметна небольшая выемка по средней линии семени. Ширина крыла у основания около 5 мм, а у верхушки около 2.5 мм. Возможно, что *Samaropsis moracia* является только одной из форм *Samaropsis siberiana* Zal.

Местонахождение и горизонт. Правый берег р. Томи близ дер. р. Старой Балахонки выше» Украинского пласта угля. Старобалахонкинская подсвита томской свиты.

Samaropsis pauxilla Zalessky n. sp. (Loc. cit., фиг. 28)

Маленькое плоское к верхушке оттянутое немного семя, длиною 3 мм и шириною 2.5 мм, окружено пленчатым или кожистым эписпермом в виде крыла, в верхней части семени 2 мм, сужающегося к верхушке и снабженного крупной почти до семени доходящей выемкой. Величина семени с эписпермом такова: длина 4.75 мм, а ширина 4.25 мм.

Местонахождение и горизонт. Левый отрог лога «Мосточки» притока р. Балахонки. Давыдовская подсвита томской свиты.

Samaropsis ungensis Zalessky n. sp. (Loc. cit., фиг. 27)

Небольшое плоское семя, длиною 6 мм и около 5 мм шириною, облечено в кожистый морщинистый эписперм крыловидной формы, скрывающий очертание семени и снабженный особенно в верхней части своей морщинками. Семя в эписперме яйцевидного очертания, длиною 13 мм и шириною 2 мм и имеет на верхушке последнего иногда продольной формы выемку.

К этому виду я отношу семена, представленные в моем атласе: «Палеозойская Флора Ангарской Серии» на табл. I, фиг. 3 и 9. На этих отпечатках семян с р. Уньги нет выемки на верхушке, которая имеется на образце с лога «Мосточки», изображенного (loc. cit.) на фиг. 27. На таблице LI моего атласа семена ориентированы верхушкою своею вниз, так как сосковидный конец семян соответствует месту их прикрепления на побеге. Этого же вида семя представлено в моем атласе и на фиг. 4 и 5, табл. XXVIII. Штриховатость в эписперме обусловлена отпечатком

на породе склеренхимных элементов его, которые иногда маскируют находящееся под ним семя.

Местонахождение и горизонт. Левый берег р. Уньги в деревне Черемичкиной. Уньгинская подсвита кольчугинской свиты. Левый отрог лога «Мосточки», впад. в р. Балахонку близ дер. Старой Балахонки. Давыдовская подсвита томской свиты.

Samaropsis patula Zalessky n. sp.

Небольшое плоское семя, длиною 4.5 мм и шириною около 5 мм, окружено кожистым эписпермом крыловидного характера, около 1.25 мм шириною, с которым оно имеет длину и ширину в 7 мм. с ясно выраженною выемкою на верхушке. Этот вид семени изображен мною на фиг. 10, табл. XXVIII моего атласа: «Палеозойская флора Ангарской серии» и в увеличенном виде на фиг. 3 табл. XXVIII.

Месторождение и горизонт. Левый берег р. Уньги в деревне Черемичкиной. Уньгинская подсвита кольчугинской свиты.

Samaropsis artychevensis

Плоское семя, длиною около 6 мм и шириною около 7.5 мм, облечено кожистым эписпермом крыловидного характера, шириною до 2.5 мм с выемкою в нем на верхушке семени. Семя с своим эписпермом длиною около 8.5 мм и шириною около 12 мм.

Этот вид *Samaropsis* изображен мною в увеличенном виде в моем атласе: «Палеозойская флора Ангарской серии», на фиг. 1 и 2, табл. XXVIII.

Месторождение и горизонт. Дер. Артышева. Абинская свита.

Rhabdocarpus tomiensis Zalessky n. sp. (Loc. cit., фиг. 7)

Плоское крупное округлой формы семя, облеченное, вероятно, мягким эписпермом, через толщу которого обрисовывается контур косточки. С обоих концов семя имеет по небольшой выемке. Величина обрисовывающейся косточки 18 мм длины и 20 мм ширины, а размер семени в эписперме около 20.5 мм длиною и 27 мм шириною. Поверхность отпечатка эписперма семени тонко штриховата от отпечатавшихся на породе склеренхимных волокон.

Месторождение и горизонт. Правый берег р. Томи близ дер. Старой Балахонки на 9 мм выше «Украинского пласта». Старобалахонкинская подсвита томской свиты.

Род **Lepeophyllum** Zalessky n. g.

Этим родовым названием я отмечаю чешуевидные листья округлой, овальной и треугольной формы с слегка расходящимися от довольно широкого основания, многократно дихотомирующими жилками, имеющие характер почковых чешуй и предположительно относимые мною к *Noeggerathiopsis*. Среди них я различаю два вида: *Lepeophyllum gemmatum* и *Lepeophyllum insigne*. Первый вид является, повидимому, наружною кроющею чешуею почки *Noeggerathiopsis*, а второй — вероятно следующею за нею чешуею, за которою развивались в почке уже обычные листья *Noeggerathiopsis*.

Lepeophyllum gemmatum Zalessky n. sp. (фиг. 8)

1918. М. Д. Залесский. Палеозойская флора Ангарской серии, атлас, стр. 26 и 57, табл. XXI, фиг. 10.

Чешуи овально треугольной формы с прямленным или слегка выемчатым по середине основанием, постепенно сужающиеся к закругленной островатой верхушке иногда с выемчатым контуром по бокам ее вследствие подвертывания краев их внутрь. Длина чешуи до 28 мм при ширине в основании до 14 мм. Чешуи пробегаются рядом расположенными, слегка расходящимися от основания и на всем протяжении его отходящими жилками; они до трех раз вильчато делятся; по середине чешуи их приходится до 11 на полусантиметр ширины ее. По боковому краю с каждой стороны чешуи имеется по кайме, лишенной жилок. В основной части чешуя пересекается поперечно двумя дугообразными бороздками, нижнею более пологою, отстоящей на 1.5 мм от края и верхнею более крутою и большего диаметра, отстоящей от нижней на расстоянии 3 мм.



Фиг. 8. *Lepeophyllum gemmatum* Zalessky. Дер. Ерунакова. Иньская подсвита кольчугинской свиты. 1:1.

Чешуя, изображенная в моем атласе (l. c.) на фиг. 10 табл. XXI, в основной своей части не сохранилась, но подобная же чешуя, происходящая из д. Ерунаковой сохранилась полностью и изображена здесь на фиг. 10. На ней прекрасно видна основная часть ее с пересекающими ее дугообразными бороздками.

Местонахождение и горизонт. Река Єука в Тунгузском бассейне и в Кузнецком бассейне на лев. бер. р. Томи, д. Ерунакова в кольчугинской свите, в иньской подсвите ее.

Lepeophyllum insigne Zalessky n. sp.

1918. М. Д. Залесский. Палеозойская флора Ангарской серии, стр. 36 и 67, табл. XVII, фиг. 4.

Чешуи более или менее округлой и овальной формы от 3 см длины и от 2—2.5 см ширины, достигавшие, вероятно, до 7 см длины и до 5 см ширины. Жилки слегка расходящиеся от основания чешуи и выходящие на всем его протяжении, до трех раз вильчато делящиеся, довольно толстоватые и редко расположенные. На ширину чешуи на 0.5 см в средней ее части приходится до 5 жилок.

Типом этого вида округлой чешуи мною принимается неполно сохранившаяся чешуя, изображенная мною (l. c.) на фиг. 4 табл. XLVII (из деревни Меретской на р. Ине), но возможно, что к этому же виду надо отнести и более крупные чешуи подобной же формы и характера: напр. чешую, изображенную у Geinitz'a in: B. Cotta, Der Altai, Leipzig, 1871, на фиг. 3, табл. II, под неверным названием для нее *Cyclopteris orbicularis* Brongn. Этот вопрос может быть разрешен только при более обильном сборе образцов подобных чешуйчатых листьев, чем мы располагаем в настоящее время.

SALISBURIEAE

Dicranophyllum paulum Zalessky n. sp. (Loc. cit., фиг. 10 и 30)

Небольшие двояковильчатые листья, длиною, вероятно, около 55 мм. Верхушечная часть листа сохранилась на одном из образцов на протяжении 39 мм от верхушки его. Расхождение первого (нижнего) развилка листа происходит под углом около 5°. От синуса этого развилка на расстоянии 12 мм кверху каждая лопастинка листа, шириною в 2—3 мм, вновь делится на более узкие лопастинки под углом около 8°—10°. Нижняя часть листа в своей сохранившейся части пробегается тремя жилками, средняя из которых на расстоянии 8.5 мм от первой дихотомии листовой пластинки делится на две жилки, идущие вдоль внутренних краев лопастинок, а боковые жилки продолжаются в последние вдоль наружных краев. От синуса развилка книзу до разделения средней жилки на отпечатке пластинки листа чувствуется ложная жилка — срединная складка или ложбинка, по которой кверху расщепляется лист на лопастинки. В лопастинках второго развилка имеется также по две жилки, идущие вдоль краев, причем внутренние краевые жилки этих лопастинок происходят от разделения одной жилки, следуемой из листа снизу и на отпечатках постепенно пропадающей.

Образец-тип, на котором устанавливается новый вид происходит с правого берега р. Томи выше «Украинского» пласта близ Старой Балахонки (loc. cit., фиг. 10). Повидимому к тому же виду надо отнести обрывки листьев *Dicranophyllum*, отпечатавшихся на породе из отрога лога «Мосточки» близ Старой Балахонки. Эти обрывки изображены (loc. cit.) на фиг. 30. Главным отличием их от листа типа *Dicranophyllym paulum* является меньший угол расхождения последних (верхних) лопастинок листа у первых по сравнению с типом. Но я не думаю, чтобы в этом признаке можно было бы видеть видовое отличие, так как у образца типа в левой более нижней лопастинке листа расхождение верхушечных лопастинок ее, насколько можно заметить по оборванному концу ее, происходило под меньшим углом, чем расхождение таких же лопастинок в правой лопастинке листа. У обрывков листьев *Dicranophyllum* из лога «Мосточки» лопастинки их несколько шире, чем таковые у *Dicranophyllum paulum*. Этот *Dicranophyllum* поэтому я выделяю как особую форму *Dicranophyllum paulum* под названием *postera*.

Местонахождение и горизонт. Правый берег реки Томи, выше «Украинского» пласта угля близ дер. Старой Балахонки. Старобалахонкинская подсвита томской свиты. Левый отрог лога «Мосточки» близ дер. Старой Балахонки. Довыдовская подсвита томской свиты.

Dicranophyllum gracilentum Zalessky n. sp. (Loc. cit., фиг. 31)

Листья по общему очертанию узкоклиновидные, небольшой длины, не длиннее 5 см и шириною не более 1 мм в нижней части и не более 5 мм в верхней, расчлененной. На конце вильчато делятся под углом около 52°. В нижней части лист пробегается тремя жилками, две крайние продолжаются в развилок листа и держатся в лопастинках краев последних, а средняя жилка не доходя 2.5 мм до синуса, образованного развилком, разделяется на две ветви, постепенно уклоняясь одна от другой, и продолжается в лопастинках, держась внутренних краев их.

Единственный образец, послуживший для описания этого вида *Dicranophyllum*, найденный В. Д. Фомичевым у дер. Завьяловой, показывает листья сгруппированными так, что можно предположить, что они сидели на одном побеге. Побега самого не видно, но диаметр его́ можно себе представить по одному из диаметров овала, рисующегося на породе, по которому располагаются основания подходящих к этому месту листьев.

Местонахождение и горизонт. Дер. Завьялово в породах «Флорского» пласта угля. Давидовская подсвита томской свиты.

Rhipidopsis palmata Zalessky n. sp. (Loc. cit., фиг. 46)

Округлый дланевидноразсеченный лист малого размера длиною 45 мм и шириною 43 мм и бóльшого — длиною 98 мм и шириною 96 мм. Пластинка его рассечена на 15 узкоклиновидных сужающихся к основанию сегментов, двух наиболее длинных, направленных вперед и двух наиболее коротких, направленных назад, в обе стороны от которых задние и боковые сегменты постепенно увеличиваются, очерчивая концами своих верхушек округлую форму листа с экцентрично расположенным у основания его центром жилкования.

Верхушки сегментов округло лопатовидной формы, цельные или двулопастые. У наиболее полно сохранившегося листа нашей коллекции двумя лопастями снабжены шесть сегментов листа, направленных вперед, у которых средняя вырезка более или менее глубокая, однако не превышающая $^1/_5$ длины всего сегмента. На других боковых сегментах эта вырезка только немного намечена или отсутствует. На некоторых листьях сегменты листа имеют неправильную четырыхлопастную верхушку вследствие неполного рассечения сегментов до основания. Нижние крайние, т. е. наиболее короткие сегменты листа лопатчатой формы с округлою верхушкой, но с небольшою боковою лопастью на каждом, направленною внутрь к черешку. Эта лопасть имеет также лопатчатый вид, как и самый сегмент. Черешка не видно. Жилкование листа лучисто расходящееся от основания, довольно тонкое, средней густоты. В каждый сегмент от конца черешка отходит по одной жилке, которая тотчас уже вильчато делится, и каждая ветвь в свою очередь разбивается последовательным дихотомированием на большòе число жилок так, что к верхушечной части пластинки сегмента на два миллиметра ширины пластинки приходится до 7 жилок у молодого листа и до 9 жилок у развитого листа.

Местонахождение и горизонт. Этот новый вид *Rhipidopsis* богато представлен в одном местонахождении на левом берегу р. Тыхты у дер. Соколовой рядом с листьями *Noeggerathiopsis aequalis* (Goep.), *Pecopteris anthriscifolia* (Goep.), *Pecopteris tychtensis* Zal., *Caractchetopteris superba* Zal. и *Tychtopteris cuneata* Zal. в осадках Иньской подсвиты кольчугинской свиты.

Rhipidopsis tomiensis Zalessky n. sp. (Loc. cit., фиг. 34)

Боковая левая клиновидная доля дланевидного листа, сохранившаяся почти до основания, длиною 84 мм при ширине в средней части 30 мм с округленною верхушкою. Она покрыта расходящимися от основания многократно вильчато делящимися жилками, расположенными в средней части ее с частотою не более 6 жилок на полусантиметр ширины его.

У *Rhipidopsis ginkgoides* Schmalhausen па клиновидной доле листа, длиною, 86 мм, на полусантиметр ширины в средней части его приходится 9 жилок. Это измерение сделано мною на образце крупного листа с р. Подчерема из сбора 1932 г. проф. А. А. Чернова, листа, достигающего размерами своих парных средних клиновидных долей длины 17.5 см, при ширине их в средней части около 8 см. Более густое расположение жилок на соответственных по размерам клиновидных долях листа у *Rhipidopsis ginkgoides* по сравнению с *Rhipidopsis* из Куз. басс. из местонахождения растений в отроге лога «Мосточки» (д. Ст. Балахонка) оправдывает выделение Кузнецкого *Rhipidopsis* с «Мосточков» в самостоятельный вид.

Местонахождение и горизонт. Левый отрог оврага «Мосточки» близ д. С. Балахонки (колл. М. Нейбург). Давыдовская подсвита томской свиты.

Ginkgoites antecedens Zalessky n. sp. (Loc. cit., фиг. 47).

Лист вероятно ширококлиновидный, сужающийся к основанию и с неправильно очерченной туповатой верхушкою с рядом вырезов в ней, делающих ее многолопастною. На отпечатке единственного обрывка верхушки листа видно 4 лопасти с прямым, закругленным с боков верхним краем. Жилкование довольно редкое, расходящееся от основания к верхушке и состоящее из ряда многократно дихотомирующих жилок, к основанию сходящихся в меньшее число их и происходящих путем разделения, вероятно, двойного, в черешке пучка листового следа. На один сантиметр ширины пластинки в средней части ее приходится до 12 жилок.

Единственный образец верхушечной части листа описанной формы обнаружен на левом берегу р. Тыхты у дер. Соколовой на ряду с *Rhipidopsis palmata* Zal., *Noeggerathiopsis aequalis* (Goeppert), *Tychtopteris cuneata* Zal. и другими. Редкое жилкование листа, лопастный характер верхушки его говорят за то, что его можно отнести к роду *Ginkgoites*, если допустить возможность отнесения к этому роду клиновидных листьев, каким должен быть признан, судя по жилкованию, этот лист. Так как отложения р. Тыхты у дер. Соколовой, где найден был изучаемый лист, относятся к кольчугинской свите (к иньской подсвите ее), т. е. к верхней перми, то появление рода *Ginkgoites* здесь надо признать довольно ранним, таким же, каким надо признать появление его на р. Большой Сыне в Печорском крае (*Ginkgoites angaridensis*). Этому новому виду *Ginkgoites* поэтому я придаю видовое название *antecedens*.

Местонахождение и горизонт. Левый берег р. Тыхты у д. Соколовой. Иньская подсвита кольчугинской свиты.

РАСТЕНИЯ НЕИЗВЕСТНОГО РОДСТВА

Tchirkoviella sibirica Zalessky n. g. et n. s. (Loc. cit., фиг. 35)

1930 *Tchirkoviella sibirica* Zalessky. Изв. Акад. Наук СССР, 1930, стр. 924, фиг. 8 и в Bull. Soc. Géol. de France, 5 sér., t. II, fasc. 1—2, p. 120, fig. 8.

Небольшие бесчерешковые или с оторванным черешком короткие, широкие, овального очертания, листья, по краю дланевидно рассеченные с крупными зубцами и расходящимся от основания редким жилкованием. Ширина их 18 мм, а длина 10 мм. Зубцы края закругленно островатые прямые, или несколько загнутые в ту или другую стороны, отделены один от другого треугольной формы вырезами, доходящими почти до середины листовой пластинки. Дланевидно расходящиеся от основания листа жилки, сперва простые, а потом с половины длины или ширины листа вильчато делящиеся. Разветвления дихотомирующих жилок идут вдоль краев островатой лопастинки, широко расходясь одна от другой и заканчиваются в зубцах ее.

Tchirkoviella sibirica представляет собою листья растения неизвестного систематического положения, относимого мною предположительно к папоротникам из сем. *Hymenophyllaceae* и сравниваются мною с листочками (вайями) *Trichomanes parvulum* Poir.

К сожалению эти листочки, встречающиеся изредка, до сих пор находимы были без черешков и с неполным сохранением листовой пластинки. Один из лучших образцов этих листьев находится в коллекции М. Ф. Нейбург и изображен мною в указанных выше работах. Родовое название дается в честь моей сотрудницы Е. Ф. Чирковой, как выражение моей признательности ей за помощь, оказанную ею в нашей общей исследовательской работе в поле.

Местонахождение и горизонт. Левый отрог оврага «Мосточки», впадающего в р. Балахонку близ дер. Старой Балахонки. Правый берег р. Чеснаковки, отвалы шахты, работавшей первомайский пласт угля. Давыдовская подсвита томской свиты.

Род **Petcheria** Zalessky n. g.

Род *Petcheria* установлен мною для принятия в него овально удлиненных листьев 8 см длины и более с веерообразно расходящимися от основания дугообразными жилками, многократно дихотомирующими без группировки их в средней части листа в средние жилки, напоминающие таковые у листьев рода *Gangamopteris*. Анастомоз между продольными жилками,

свойственных этому последнему роду в листьях *Petcheria* нет. Типом рода *Petcheria* является *Petcheria elongata* Zal. из верхнепермских осадков р. Печоры (с прав. бер. р. Печоры, обнаж. № 15 в 4 км выше р. Соплеса, колл. С. М. Россовой), изображенная мною на фиг. 3 в Изв. Акад. Наук СССР, 1930, и на фиг. 3 в Bull. Soc. géolog. de France, 5 sèrie, t. II, fasc. 1—2, p. 112. Овальные листья этого вида достигают свыше 8 см длины при ширине 19 мм и имеют указанное выше жилкование. На один полусантиметр ширины листа в средней части приходится до 10 жилок. Род *Petcheria* относится мною предположительно к растениям, родственным *Cordaitales*.

Petcheria tugajensis Zalessky n. sp. (Loc. cit., фиг. 48)

Лист неполный, продолговатый, постепенно сужающийся как к основанию, так и к верхушке, длиною, вероятно, около 10 см и шириною в наиболее широкой средней своей части 27 мм с расходящимися веерообразно от основания, равномерно распределенными по всей пластинке, многократно дихотомирующими жилками с густотою в средней части листа до 9 жилок на полусантиметр ширины его.

Имеется только один отпечаток обрывка листа, изображенного (loc. cit.) на фиг. 48, происходящего с р. Тугая у Соколиных Гор близ с. Афонино. На образце чувствуется по средней линии листа со средины листа кверху жилкообразное углубление, при освещении сбоку дающее впечатление средней жилки, но на самом деле средней жилки нет, и указанное углубление — случайная складка, в чем легко убеждаемся внимательным рассмотрением основной части листа, где этого углубления уже не имеется, и ясно видно равномерное распределение жилок по линии средней жилки, как это характерно для *Petcheria elongata*, типа рода *Petcheria*.

Весьма вероятно, что *Petcheria* с р. Тугая является тождественною с *Petcheria elongata*, но в виду невозможности убедиться в этом, я предпочитаю до поры называть ее новым видовым названием. Факт обнаружения верхнепемского рода *Petcheria* в абинской свите Кузнецкого бассейна, развитой в присалаирской полосе его, крайне интересен, так как он указывает на правильность определения абинской свиты как пермской, вероятно среднепермской. Абинская свита выделена мною из серии осадков Кузнецкого бассейна по оригинальному составу ее флоры, не тождественному во всех частях своих с флорою томьской свиты, частично напоминающему флору кольчугинской свиты, появлением в ней изобилия *Lobatannalaria Schtschurowskii* (Schmalhausen) и изредка, повидимому, *Pecopteris*

arthriscifolia (Goeppert) (см. мой атлас «Палеозойская флора Ангарской серии», фиг. 3, табл. XLVII, и табл. XLIX). Абинская свита при Салаирской полосе подстилает непродуктивную часть кольчугинской свиты, выделенную мною в уньгинскую подсвиту. Весьма вероятно, что отпечатки листьев, изображенные в моем атласе на фиг. 4 и 5 табл. XXX и отнесенные мною к роду *Gangamopteris*, скорее должны быть отнесены к роду *Petcheria*. К сожалению образцы плохого сохранения, и уверенное определение их невозможно.

Местонахождение и горизонт. Левый берег р. Тугая, первая канава выше Соколиных Гор, с. Афонино, абинская свита.

Petcheria tomiensis, Zalessky, n. sp. (Loc. cit. фиг. 50)

Листья овальной формы длиною до 7.5 сант. и шириною в средней части 25 мм с островатою верхушкою и резко суженные в основании своем в черешок до 2.5 мм с почти параллельными жилками в нем. Жилкование веерообразно расходящееся от основания, довольно густое. Все жилки как средние, так и боковые, — последние более или менее дугообразно изогнутые, — равнозначущие, многократно дихотомирующие. В боковых частях листа по середине его на протяжении полусантиметра поперек дугообразных жилок насчитывается их до 12.

Petcheria tomiensis Zal. отличается от *Petcheria tygajensis* более густым жилкованием; у последнего вида на протяжении полусантиметра поперек дугообразных жилок в боковых частях листа по его середине приходится 8—9 жилок вместо 12, насчитываемых на этом протяжении у *Petcheria tomiensis*.

Единственный образец отпечатка листа этого вида происходит из иньской подсвиты кольчугинской свиты с левого берега р. Томи у дер. Ерунаковой (колл. Д. Г. Самылкина).

Род **Nephropsis** Zalessky

Nephropsis tomiensis n. sp. (Фиг. 9)

Чешуевидный небольшой лист яйцевидно ромбического или широко веретеновидного очертания, длиною до 34 мм и шириною в наиболее широкой основной части до 18 мм, оттянутой по средней линии в род черешка, из которого выходят жилки и, расходясь веерообразно с дугообразным изгибом наружу, пробегают листоватую пластинку, имеющую полуовальную,

несколько заостренную верхушку. Жилки многократно последовательно дихотомируют. Густота жилкования значительная, так как на полусантиметр ширины пластинки приходится до 12 жилок. Они покрывают всю пластинку, но края по обеим сторонам основания листа лишены их. Я думаю, что по характеру жилкования чешуевидный лист описанного очертания, как новый вид, можно поместить в род *Nephropsis*, установленный мною для принятия листочков, описанных И. Шмальгаузеном как *Ginkgo integerrima*.

Местонахождение и горизонт. Единственный образец этого вида происходит с левого берега р. Томи между д. Бедаревой и селом Ильинским из осадков кольчугинской свиты и доставлен М. Э. Янишевским.



Фиг. 9. *Nephropsis tomiensis* Zalessky. Левый берег р. Томи между дер. Бедаревой и селом Ильинским. Кольчугинская свита. 1 : 1.

* * *

Ниже помещается описание одного *Cardiopteris*, остатки которого очень обыкновенны в сланцевой толще, залегающей непосредственно на первой пачке строительных песчаников, расположенных стратиграфически выше над конгломератом, который П. И. Бутовым и В. И. Яворским принимается за пограничный между нижележащею толщею, определенно, по их мнению, нижнекарбонового возраста, и угленосной толщею в их смысле. Эти остатки были найдены в разведочной канаве близ дер. Подъяково, проводившейся В. А. Орестовым. В песчниках нада конгломератом и ниже его по Малой Подъяковой найдены были остатки *Lepidodendron* typ. *Veltheimi* Sternberg.

Cardiopteris vesca Zalessky n. sp. (Loc. cit., фиг. 1)

Перья последнего порядка 19—20 мм шириною несут чередующиеся небольшие перышки под углом около 50°. Перышки неправильно овальной или округлой формы, длиною 11 мм и шириною 9 мм, сидящие на стержне пера только среднею частью основания, напоминающего иногда короткий черешок. Этот *Cardiopteris* очень напоминает величиною и характером своих перышек *Cardiopteris askyzensis* Zal. описанный мною, в моей работе: «Observations sur les végétaux nouveaux paléozoiques de Sibérie»,[1] из Аскызской мульды Минусинского бассейна, но быть уверенным в их тождестве по небольшому материалу обоих видов нет возможности. Насколько этот вид *Cardiopteris* может служить указанием возраста ясно из того, что

[1] Ann. de la Soc. Géol. du Nord, t. LVII, p. III, 1932.

конечные участки, пера вайи, относимые мною к *Angaropteridium cardiopteroides* из кровли «Первомайского» пласта угля на реке Чесноковке, т. е. из осадков давыдовской подсвиты томской свиты, имеют перышки, по величине и по жилкованию почти неотличимые от перышек *Cardiopteris vesca*.

Вообще определение возраста осадков на основании обрывков перьев с невроитероидными или кардиотероидными листочками мало надежно, так как виды этих родов существовали в течение долгого времени с низов карбона до верхней перми, и определения их крайне трудны. Перья с крупными перышками с кардиоптероидным жилкованием известны в нижней перми Донецкого бассейна, так как к этой группе остатков надо несомненно отнести *Nevropteris densinervosa* Zal., изображенный у Н. Григорьева на таблице в Известиях Геологического комитета за 1898, т. XVII, под названием *Nevropteris* conf. *cordata* Brongn. var. *densinervia* Grigoriev. По характеру жилкования своего эта форма очень близка к *Cardiopteris* и представляет собою связующее звено между родами *Cardiopteris* и *Nevropteris*. Я считаю, по нахождению *Cardiopteris vesca* Zal. в породах, тесно связанных стратиграфически с песчаниками, над конгломератом, содержащим остатки *Lepidodendron* typ. *Veltheimi*, что породы эти нижнекаменноугольного возраста, и остатки *Cardiopteris vesca* отличны от похожих только на них остатков *Angaropteridium cardiopteroides* (Schmalhausen).

Местонахождение и горизонт. Дер. Подьякова в сланцах разведочной канавы выше первой пачки строительных песчаников. Отрогская свита.

Орел, май 1932 г.

Оглавление — Sommaire

Заглавие, отмеченное звездочкой, является переводом заглавия оригинала

Le titre marqué d'un astérisque est une traduction du titre original

Цена 3 руб. 50 коп.